ANNALES

DE

L'INSTITUT NATIONAL

DE LA

RECHERCHE AGRONOMIQUE

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

ANNALES
DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE

Année 1956

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
7, rue Keppler - Paris

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA BIOLOGIE DES GYMNOSPORANGIUM [1]

PAR

P. BERNAUX

Laboratoire de Recherches de la Chaire de Botanique
Centre de Recherches Agronomiques du Midi E.M.A., Montpellier

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction 2

PREMIÈRE PARTIE

I. — **Le genre Gymnosporangium** 5
Historique et systématique 5
Limitation 11
Cycles 14
Répartition 15

II. — **Les espèces de Gymnosporangium et le milieu méditerranéen.** 18
Végétation 18
Climatologie 21
Études mycologiques dans la région méditerranéenne .. 28

III. — **Méthodes et Techniques** 31

DEUXIÈME PARTIE

I. — **G. gracile** 45

II. — **G. confusum** 105

III. — **G. fuscum** 128

IV. — **G. clavariaeforme** 155

V. — **G. tremelloïdes** 176

TROISIÈME PARTIE

Comparaisons générales 183

Conclusions générales 188

Bibliographie 191

[1] Ce mémoire constitue la thèse de Doctorat-ès-Sciences naturelles soutenue par P. BERNAUX, le 1er juillet 1955 devant la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier.

INTRODUCTION

A l'origine de ce travail se trouve la recherche du cycle de *Gymnosporangium fuscum* (= *sabinae*) (1) dans la région montpelliéraine du Languedoc méditerranéen. Cette Urédinée hétéroxène présente un réel intérêt d'une part, en raison de son abondance tant sur les Poiriers cultivés que sur les Poiriers spontanés de la garrigue montpelliéraine, d'autre part à cause de l'absence, dans notre région, de l'hôte classique de cette Urédinée : *Juniperus sabina*.

D'autres genévriers ont été signalés porteurs de ce Gymnosporangium ; nous avons voulu préciser le rôle respectif des espèces locales. Pour cela nous avons été conduit à une prospection poussée de ces conifères et des Rosacées autochtones ou cultivées de leur voisinage, et à étudier macroscopiquement, microscopiquement et expérimentalement à l'aide d'inoculations les diverses espèces de *Gymnosporangium* qu'ils hébergent.

Parallèlement à l'étude mycologique, nous avons mené une étude phénologique des Genévriers et Rosacées dans leurs rapports avec le parasite ; en particulier une étude anatomique du développement des feuilles des Rosacées nous a permis de préciser les conditions de pénétration du champignon et le stade de résistance de la feuille.

Enfin, l'Écologie a retenu notre attention en raison du rôle des conditions météorologiques sur la biologie des espèces de *G.* (2).

Lieu et localisation de nos recherches

Lorsque nous avons entrepris ces études (1944) les moyens de déplacement ne nous permettaient pas d'avoir un grand rayon d'action. Cependant, comme on le verra par la suite, point n'était besoin d'aller à une grande distance pour avoir des problèmes à résoudre et pour pouvoir les solutionner. De plus, nos techniques de travail, sous la pluie, exigent des déplacements rapides à proximité des terrains d'expérimentation. Centrés sur Montpellier, nous avons prospecté les environs immédiats, où abondent Genévriers, Pomacées et *Gymnosporangium*.

La carte jointe situe quelques stations intéressantes en même temps qu'elle précise le rayon d'action que nous nous sommes fixé. Au début de nos recherches, ce rayon d'action a été faible en raison de la rapidité

(1) Dans le texte courant nous ne répèterons pas les noms d'auteurs chaque fois que nous citerons une espèce. On voudra bien se reporter au chapitre consacré à cette espèce.

De plus, ainsi qu'il est de plus en plus coutume de le faire en mycologie, nous ne mettrons une majuscule au nom spécifique que lorsqu'il s'agira d'un nom de personne ; ainsi on écrira : *G. sabinae*, *G. Gaeumanni*.

(2) Pour alléger la composition du texte nous remplacerons le terme *Gymnosporangium* par son initiale *G.*

nécessaire des déplacements pendant la courte période d'observation. Par la suite nos prospections ont été étendues et limitées, comme l'indique la carte, aux fleuves : Hérault et Vidourle.

Conditions de travail

Bien que le stade du *G.* sur Genévrier soit perenne, sa période de fructification est de courte durée (mars-avril). Aussi est-ce à cette courte période de l'année que les prospections doivent être poussées et que l'expérimentation doit avoir lieu. C'est à cette époque que les Rosacées sont le plus sensibles ; c'est aussi à ce moment-là que les conditions climatiques conviennent à la dissémination et à l'infection des Rosacées. Toutes ces conditions obligent à une action rapide et profonde.

Le matériel récolté était utilisé à des inoculations sur des collections de Rosacées que nous avions réalisées en pleine terre et sur des individus en serre que nous avions constitués au laboratoire de Botanique et Pathologie végétale de l'Institut National de la Recherche Agronomique, annexé à la chaire de Botanique de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier.

Buts réalisés

Dans ces conditions nous avons pu répéter chaque année plusieurs cycles de Gymnosporangium et en particulier celui du *G. fuscum*, nouveau pour notre région. Nous avons également établi ceux de *G. gracile*, *G. confusum*, *G. clavariaeforme*, *G. tremelloïdes*.

Nous avons également précisé les conditions de pénétration du parasite à l'intérieur des tissus de l'hôte en fonction de l'épaisseur de la cuticule au cours du développement des feuilles.

Enfin nous avons pu mettre en évidence que les périodes d'infection sont non seulement en relation avec l'épaississement de la cuticule, mais encore sous la dépendance étroite des conditions atmosphériques.

De toutes ces observations et recherches expérimentales découlent les périodes des traitements qui pourraient être appliqués aux Rosacées cultivées les années où les conditions de développement de ces Urédinées sont particulièrement favorables.

On a là une nouvelle preuve de la relation étroite qui doit exister entre la Recherche Scientifique et ses applications.

***

Nos remerciements s'adressent plus particulièrement :

A M. G. KUHNHOLTZ-LORDAT qui fut notre premier Maître et nous a suggéré le sujet de ce mémoire et sous la direction duquel nous l'avons

réalisé de 1943 à 1953 au laboratoire de Botanique et de Pathologie végétale de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier et qui nous a, à plusieurs reprises, donné de nombreux encouragements même après avoir pris sa retraite;

A M. le Professeur R. HEIM, Membre de l'Institut, dont l'autorité en mycologie est connue de tous et nous a toujours encouragé dans la voie que nous nous étions tracée en dépit de difficultés de tous ordres;

A M. le Professeur G. VIENNOT-BOURGIN, qui a consenti avec tant de bienveillance à lire ce travail sans avoir été consulté sur l'orientation des recherches et nous a fait bénéficier de sa haute compétence en matière phytopathologique ;

A M. le Professeur L. EMBERGER, Correspondant de l'Institut, qui, après nous avoir enseigné avec tant de persuasion et d'enthousiasme qu'il nous a attiré vers la Botanique, n'a jamais oublié son élève et a toujours fait preuve de compréhension pour la situation délicate dans laquelle il se trouvait et de tous temps nous a apporté son aide tant matérielle que morale;

Aux Membres du Jury, qui ont bien voulu nous faire bénéficier de leurs points de vue sur le sujet ;

A M. J. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche Agronomique qui nous a facilité la réalisation de ce mémoire.

A M. le Professeur P. LIMASSET, d'abord notre Chef de Service à l'I. N. R.A., ensuite Professeur de Botanique à l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier, qui a bien voulu nous laisser mettre un terme à l'étude d'un sujet dans le choix et la conduite duquel il n'avait pas été pressenti ;

A M. G. BUCHET, Inspecteur général de l'Agriculture, Directeur de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier, qui nous a aidé dans la réalisation matérielle de ce travail.

Nous remercions également M. K. de PUYSEGUR qui a exécuté pour nous quelques aquarelles de ce mémoire.

Nos remerciements vont enfin à nos camarades du laboratoire de Botanique: P. RENAUD, J.-P. BARRY;

A ceux de l'Institut de Botanique de Montpellier : R. NOZERAN, A. BONNET, P. MONNIER,

et à tous ceux, de près ou de loin, qui nous ont encouragé dans un travail réalisé au milieu de multiples difficultés matérielles, qui ne fut pas toujours sans déceptions, en raison même de son caractère purement biologique, c'est-à-dire sous la dépendance du milieu.

PREMIÈRE PARTIE

LE GENRE GYMNOSPORANGIUM LE MILIEU MÉDITERRANÉEN LES TECHNIQUES

CHAPITRE PREMIER

LE GENRE GYMNOSPORANGIUM

I. — HISTORIQUE

La famille des Urédinées à laquelle appartient le genre *Gymnosporangium* est essentiellement composée de champignons parasites nécessaires (ou parasites obligés, selon l'expression de F. MOREAU (1952, p. 254)), qui ont de tous temps attiré l'attention des agriculteurs et des mycologues, soit en raison de leur aspect caractéristique qui a fait donner le nom de « Rouille » aux maladies qu'ils provoquent, soit en raison des ravages qu'ils causaient.

Les rares documents fossiles nous indiquent que des champignons ont existé aux périodes antérieures à l'époque actuelle. Cependant la plupart des espèces trouvées ont reçu une dénomination douteuse et ne sont rapprochées qu'avec doute des genres et même des familles actuelles. Ainsi le genre *Teleutosporites* créé pour des espèces du Carbonifère rappelant des Pucciniacées est aujourd'hui abandonné (WOLF et WOLF). Les *Aecidites* et *Puccinites* du Crétacé et du Tertiaire sont certainement plus valables en tant que genres à rapprocher des Urédinées. Les investigations dans ce domaine sont tout à fait insuffisantes, c'est ce qui ressort des travaux de SACCARDO, ARTHUR et *al.*, EMBERGER, WOLF et WOLF, BULLER, F. MOREAU... D'ailleurs la conservation des téliosores gélatineux de *Gymnosporangium*, milieu favorable à la pullulation des microorganismes, semble peu probable au cours des périodes géologiques. Le stade écidien plus enfoncé dans les tissus se conserve mieux et les *Aecidites* sont fréquents.

ARTHUR (1929) passe en revue et discute les divers documents bibliques qui traitent de « dégâts » sur les récoltes sans toutefois pouvoir les attribuer avec certitude à des Urédinées.

A partir de l'époque romaine, les auteurs latins font état de cultes célébrés pour s'attirer la clémence des dieux dans les épiphyties désas-

treuses pour les récoltes. Les plus célèbres de ces cultes sont les « Robigalia » (Robigo = rouille). Les auteurs grecs de la même époque font eux aussi état d'épidémies de rouilles, qu'ils désignaient sous le nom de « ερυσιβη ».

Aucune attention n'est apportée aux maladies pendant le Moyen Age. C'est seulement au XVII^e siècle que, de plusieurs sources, on note les dégâts dus aux Rouilles, mais seule l'utilisation du microscope permettra un avancement des connaissances dans ce domaine.

En effet, les premières représentations d'Urédinées et plus particulièrement de *Gymnosporangium* datent de MALPIGHI (1675) qui a observé et dessiné sous le nom de « fleurs » des tumeurs écidifères (rapportées au *G. clavariaeforme* par ARTHUR) sur des rameaux de *Crataegus oxyacantha*. MALPIGHI avait également observé les mycocécidies sur feuilles.

En 1729 MICHELI crée le premier genre d'Urédinées: *Puccinia* pour dénommer les téliospores du *G. clavariaeforme* sur *Juniperus*. Par la suite ce terme sera réservé à des espèces du type *Puccinia graminis*.

LINNE (1753) décrit quelques champignons ; parmi ceux-ci *Tremella* (*Byssus* 1737) appartient aux *G.* : *T. juniperina* L.

PERSOON (1794), le premier, classe les champignons. Il les groupe en *Angiothecium* et *Gymnothecium*. Dans le premier groupe il classe les nouveaux genres qu'il crée : *Aecidium, Uredo* ; il conserve le genre *Puccinia* qu'il place dans les *Gymnothecium*. En 1797 des commentaires sur son précédent article lui font mettre ensemble *Puccinia, Aecidium* et *Uredo*. C'est le premier groupement de ces trois genres appartenant à la même famille. En 1801 il publie le *Synopsis methodica fungorum* qui reste, de nos jours, la base de la nomenclature des Urédinées, Ustilaginées et Gastéromycètes. Il sépare la famille naturelle des Urédinées dans laquelle il conserve le genre *Puccinia* (qui englobe, entre autres, les *Gymnosporangium*). Il décrit plusieurs stades écidiens qui sont aujourd'hui rattachés aux *Gymnosporangium* :

Aecidium penicillatum Pers. (*G. juniperinum* (L.) Mart.),

Aecidium cornutum Pers. (*G. aurantiacum* Chev.)

et pour les stades téliens :

Puccinia juniperi Pers. (*G. sabinae* (Dicks.) Wint.).

REBENTISCH (1804) établit le genre *Roestelia* pour des écidies à pseudopéridum allongé s'ouvrant latéralement par des fissures. Ce genre est caractéristique des écidies de *G.* Le stade écidien n'étant pas à la base de la nomenclature en Urédinologie, les dénominations des Roestelia sont en synonymie ou ne servent à désigner une espèce que tant que le stade télien n'a pas été trouvé.

A. P. De CANDOLLE dans la *Flore française*, par De LAMARCK et De CANDOLLE (1805-1815) divise la *famille* des champignons en deux ordres : *Gymnocarpi* et *Angiocarpi*. Ce second ordre comprend, entre autres, les

Urédinées avec le genre *Gymnosporangium* qu'il crée d'après un manuscrit inédit de HEDWIG f. (1772-1806) en donnant les caractères suivants : « Les gymnosporanges offrent une masse gélatineuse à la surface de laquelle se trouvent des péricarpes composés de deux loges coniques appliquées par leurs bases et qui se séparent l'une de l'autre à leur maturité ; ces péricarpes sont placés au sommet de filaments (pédicelles) foibles et menus qui partent de la base et traversent la masse gélatineuse. Les plantes de ce genre sont toutes parasites sur l'écorce des diverses espèces de genévriers. »

(Extrait de : *Flore française*, 3e édition, par De LAMARCK et De CANDOLLE, 1805-1815, tome II, p. 216.)

De CANDOLLE, décrit ensuite : *G. conicum* Hedw., *G. fuscum* DC., *G. clavariaeforme* (Jacq.) DC. — Par ailleurs (tome II, 1815, p. 247) il décrit *Aecidium cornutum* Pers., *Ae. laceratum* Sow. et *Ae. cancellatum* Pers. Les rapprochements entre ces stades seront faits plus tard. Dans le tome V, De CANDOLLE décrit *Ae. amelanchieris* DC., *Ae. mespili* DC., *Ae. oxyacanthae* Pers. et ses variétés : a) *mespili oxyacanthae* DC. et b) *mespili azaroli* DC., *Ae. laceratum* Sow. et ses var. : a) *pruni-sylvestris* DC., b) *crataegi ariae* DC. et c) *crataegi chamaemespili* DC.

A partir de 1832, FRIES et de nombreux mycologues établissent les bases de la mycologie actuelle, étudiant, créant et classant de nombreuses espèces. FRIES (1829) classe les Urédinées dans les Hypodermii (Entophyti) et les considère comme des champignons inférieurs. Il accepte le genre *G.* et donne les caractères suivants qu'il affecte aussi aux *Podisoma* :

Sporidia pellucida uniseptata, pedicellata, stromati adnata gelatinaque in sporangium nudum expanso difforme undulatum conglutinata.

Il cite : *G. juniperinum, G. sabinum, Podisoma juniperi-virginianae, P. juniperi-communis, P. juniperi-sabinae.*

LEVEILLE (1839) divise les Urédinées en « trois petites familles » qui lui permettent de séparer les Ustilaginées :

— Aecidinées : *Roestelia*, Aecidium, Peridermium, Endophyllum ;
— Urédinées : Puccinia, Uredo, *Gymnosporangium, Podisoma*...
— Ustilaginées : Ustilago, Sepedonium...

Ce même auteur en 1847 incorpore les Ustilaginées aux Urédinées et divise ce groupe en deux sections :

— Urédinées sans cystides : Uromyces, Cystopus, Uredo, Ustilago...
— Urédinées pourvues de cystides : Lecythea, Physonema...

TULASNE (1847) compare les Ustilaginées et les Urédinées et sépare nettement ces deux familles. En ce qui concerne les Urédinées, son attention est attirée par la cohabitation de la forme *Uredo* avec différentes autres formes. En 1854, il coordonne les nombreux genres d'Urédinées après avoir discuté les diverses observations des auteurs précédents en particulier au sujet du polymorphisme (*Uredo* et *Puccinia* par exemple).

Il groupe dans les Urédinées tous les genres qui en font partie aujourd'hui ; il y inclut aussi le genre *Cystopus*, mais exclut les Ustilaginées.

Il divise les Urédinées en six tribus :

— Albuginei : Cystopus ;
— Aecidinei : *Aecidium*, *Roestelia* ;
— Melampsorei : Melampsora, Coleosporium ;
— Phragmidiacei : Phragmidium, Puccinia, Uromyces ;
— Pucciniei : *Podisoma*, *Gymnosporangium* ;
— Cronartiei : Cronartium.

Comme le fait remarquer Hariot (1908, p. 92) les *Gymnosporangium* et *Podisoma* sont groupés dans les Pucciniei, alors que les *Puccinia*, morphologiquement proches sont placés dans les Phragmidiacei.

D'autre part, Tulasne entrevoit les affinités des *Podisoma* avec les Tremelles.

Les travaux de De Bary apportent une grande clarté dans la compréhension de l'organisation et du cycle des Urédinées ; en particulier, selon cet auteur, toutes les espèces de cette famille ont cinq types d'organes reproducteurs. Il considère les spermogonies comme des organes mâles, mais n'apporte aucune confirmation. Il envisage l'alternance d'hôtes pour une même espèce et crée les termes : autoïque et hétéroïque (1865).

Oersted (1865) par des inoculations artificielles confirme les hypothèses de Eudes-Deslongchamps sur les relations entre la rouille de la Sabine et celle du Poirier ; en 1867 il réalise une expérience semblable avec *Roestelia cornuta* et *G. aurantiacum* et avec *R. lacerata* et *G. clavariaeforme*.

En 1866 De Bary et Oersted rapportent les relations de plusieurs autres espèces d'Urédinées.

Farlow (1880) donne la liste des *G.* des États-Unis. Il décrit d'une part les stades téliens, d'autre part les stades écidiens. En conclusion il donne les rapports qui existent entre ces stades pour les espèces américaines.

Le *Sylloge fungorum* de P. A. Saccardo (vol. VII, II[e] partie) reproduit les diagnoses originales des espèces décrites et classe les Urédinées en Amerosporae, Didymosporae (*Gymnosporangium*, *Puccinia*...), Phragmosporae et Dictyosporae pour les stades téliens. Par ailleurs, les divers genres des stades écidiens non rattachés à une forme basidiosporée sont réunis dans les *Uredineae inferiores*. Ainsi sont décrites huit espèces de *Gymnosporangium* (téleutospores et écidiospores) et un certain nombre d'écidies non rattachées, en particulier, *Roestelia cydoniae* (Lenorm.) Thum.

Schroeter (1889) considère les *G.* comme un groupe individualisé (Gymnosporangiei) en raison du groupement des spores en un sore gélatineux et volumineux.

Plowright (1889) reconnaît l'homologie des téliospores des Urédi-

nées et des chlamydospores des Ustilaginées. Dans cette monographie des Urédinées de Grande-Bretagne il détache en particulier l'espèce *G. confusum* du *G. sabinae*.

Poirault et Raciborski (1895), Sappin-Trouffy (1896) ouvrent l'étude cytologique des Urédinées.

Dietel (1900) puis Maire (1902) et Fischer (1904) distinguent plusieurs familles qui ne sont plus admises aujourd'hui.

Ed. Fischer poursuit jusqu'en 1931 des recherches sur les Gymnosporangium et plus particulièrement sur ceux de la région méditerranéenne. La famille des Pucciniaceen est divisée en trois sous-familles (Unterfamilien) parmi lesquelles se trouve celle, monotypique, des Gymnosporangieen. Cet auteur reconnaît donc une individualité à ce groupe.

Blackman (1904) observe la conjugaison dans les téleutospores, en particulier sur *G. clavariaeforme*.

Arthur (1906) décrit trois familles : Coleosporiaceae, Uredinaceae, Aecidiaceae (les *G.* deviennent des *Aecidium*).

Mc Alpine (1906) considère trois familles : Pucciniaceae, Cronartiaceae, Coleosporiaceae. Il place les *G.* dans les Pucciniaceae, mais ne cite aucune espèce en Australie.

Hariot (1908) suit la classification de Dietel. Il place les *G.* dans les Pucciniacées et décrit les espèces françaises.

Trotter (1908) se rallie aussi à l'opinion de Dietel.

P. et H. Sydow (1904-1912) considèrent chez les Urédinées trois familles : Pucciniaceae, Melampsoraceae, Coleosporiaceae.

Grove (1913) reconnaît les Impedicellatae (à téleutospores sessiles) et les Pedicellatae (à téleutospores pédicellées : Pucciniaceae).

En 1915, Kursanov montre que les rudiments écidiens sont d'abord uninucléés puis binucléés (*G. juniperinum* et *G. aurantiacum*) sans en donner d'explication.

Fragoso (1924) se rallie à la classification générale de Dietel (1900) et distingue cinq familles : Pucciniaceos (avec la tribu des Gimnosporangios), Melampsoraceos, Cronarciaceos, Coleosporiaceos et Zaghouaniaceos.

De plus cet auteur scinde l'espèce *G. oxycedri* Bres. entre *G. clavariaeforme* et *G. confusum*. Nous verrons plus loin ce que nous en pensons.

Gäumann (1925) adopte la classification de Dietel (1900) en quatre familles.

En 1928, Dietel publie in *Engler Prantl* une révision de la classification des Urédinées et considère seulement deux familles avec un grand nombre de tribus :

— Melampsoraceae ;

— Pucciniaceae (avec entre autres la tribu des Gymnosporangieae).

Arthur (1929) divise les Urédinales en Melampsoraceae et Pucciniaceae (entre autres Aecidieae : *Puccinia*, *Gymnosporangium*), divisions qu'il conservera dans son *Manual of the Rusts in United States and Canada*, en 1934.

Craigie (1927) découvre le rôle des pycnides dans le cycle des Urédinées. Ses expériences portent sur *Puccinia helianthi* et sur *P. graminis*.

En ce qui concerne les *Gymnosporangium*, Hanna (1929), Miller (1932), Kawamura (1934) et Buller (1950) font la preuve de l'hétérothallisme de quelques espèces.

Arnaud, dans son traité de Pathologie végétale (1931) fait une mise au point des connaissances des *G.* en France et plus particulièrement dans la région méditerranéenne. Nous reprendrons ses observations dans l'étude de chaque espèce.

Viennot-Bourgin (1949) distingue cinq familles parmi lesquelles les Pucciniacées renferment le genre *G.* à téleutospores bicellulaires à plusieurs pores germinatifs et à pédicelle gélatineux.

Buller (1950) étudie le cycle complet et la cytologie du genre à l'aide, principalement, d'espèces américaines.

Bessey (1952) adopte la classification de Dietel en deux familles.

F. Moreau (1953) fait deux groupes chez les Urédinées : Pucciniées et Coléosporinées ; les premières contiennent les *Gymnosporangium*.

Savulescu (1953) fait une révision rapide des principales classifications et adopte celle de Dietel (1928).

***

Quels que soient les auteurs qui ont envisagé une classification à l'intérieur de la famille des Urédinées, le genre *G.* est toujours classé dans les Pucciniaceae. Pour certains, même, c'est le type d'une tribu, celle des Gymnosporangiae créée par Schroeter (1889).

Les Pucciniaceae selon Dietel (1928) sont caractérisées par :

Écidies entourées d'un péridium, parfois rudimentaire ou absent, mais alors remplacé par un cercle de paraphyses. — Urédospores en général isolées ; paraphyses autour du sore. — Téleutospores de formes diverses, uni-, bi-, ou multicellulaires, en général pédicellées, plus rarement sessiles.

Quant à la tribu des Gymnosporangieae ses caractères sont les suivants :

Pycnides en groupes ; Écidies avec péridium du type Roestelia. — Urédospores inconnues (sauf pour deux espèces : l'une américaine : *G. nootkatense*, l'autre européenne : *G. Gaeumanni*). — Téleutospores en général bicellulaires avec de longs pédoncules devenant mucilagineux.

Écidies se formant sur Rosacées-Pomoïdées, et téleutospores sur Cupressacées.

Le genre unique de cette tribu correspond à la diagnose suivante : *Gymnosporangium* Hedw. f.

Pycnides subépidermiques, épiphylles, enfoncées, sphériques ou ovales avec orifice conique muni de paraphyses, l'extrémité jaunâtre ou orangé puis noirâtre (mort).

Écidies avec pseudopéridium se déchirant d'une façon caractéristique (terminale ou latérale) en lanières ou réticulé, ovale, en forme de bouteille ou cylindrique, rarement cupuliforme. Écidiospores en chaîne, sphériques ou ellipsoïdes avec membrane verruqueuse de couleur brun-chatain, plus rarement incolore avec de nombreux pores germinatifs.

En général sur les Pomoïdées.

Urédospores connues chez deux espèces ; épispore verruqueuse, pores bien distincts.

Téleutosores follicoles ou ramicoles, fortement différents selon qu'ils sont secs ou humides et gélatineux, jaunâtre à brun-châtain. Téleutospores en général bicellulaires (quelques espèces ont deux à cinq cellules) de formes différentes (ellipsoïdes, allongées, fusiformes) enrobées dans un dépôt gélatineux ou cartilagineux ; plus ou moins rétrécies à la cloison ; lisses. Dans chaque cellule deux pores germinatifs (plus rarement 1 ou 3 à 7) ; deux types de téleutospores : spores jaune pâle allongées et intérieures à la masse du sore, et spores brun foncé, plus isodiamétriques situées à la périphérie du sore. Pédicelle incolore, très long se gélifiant et participant à la formation de la masse gélatineuse.

Plus de 60 espèces dont une autoïque : *G. bermudianum* (Tarl.) Earl. ; les autres hétéroïques avec écidies (*Roestelia*) sur Rosacées-Pomoïdées en général (exceptions : *Philadelphus*, *Fendlera*, *Myrica*) ; téliospores sur Cupressacées (*Juniperus*, *Cupressus*) [1].

Ce bref historique qui nous a conduit à la diagnose ci-dessus, n'avait pour but que de placer le genre *G.* dans la famille des Urédinées. Nous considérons ce genre comme bien individualisé morphologiquement et biologiquement. C'est ce que nous voudrions faire ressortir au cours de ce travail.

II. — LIMITATION DU GENRE GYMNOSPORANGIUM

Les caractères précédents limitent nettement, à notre avis, les espèces de *G.* Cependant ces espèces ne sont pas isolées et quelques autres genres d'Urédinées sont voisins.

(1) Bien que *Philadelphus*, *Fendlera*, et *Myrica*, soient plantés dans notre région, nous ne les avons pas retenus pour nos études ; ce ne sont que des hôtes d'espèces américaines.

Un des caractères, admis pour ce genre était l'absence d'Urédospores qui en faisait une opsis-Urédinée, selon les Européens ou une macrocyclique demicyclique selon ARTHUR. SYDOW (1921) avait créé un nouveau genre *Gymnotelium* pour l'espèce *G. nootkatense* (Trel.) Syd. (= *Gymnosporangium nootkatense* Trel.) caractérisée par la présence d'Urédospores. ARTHUR (1929) reconnaît l'existence de ce nouveau genre et y inclut les espèces de *Gymnosporangium* à écidies cupulées afin d'appuyer ce genre davantage sur la morphologie écidienne que sur la présence ou l'absence d'Urédospores. Il crée alors deux nouvelles combinaisons basées seulement sur l'écidie, car ces espèces n'ont pas d'urédospore :

Gymnotelium blasdaleanum (Diet. et Holw.) Arthur (= *Gymnosporangium libocedri* (Henn.) Kern).

Gymnotelium myricatum (Schw.) Arthur (= *Gymnosporangium ellisii* (Berk.) Farl.).

En 1934, ARTHUR ne conservera plus cette distinction et ne considérera *Gymnotelium* que comme une section de *Gymnosporangium* en se basant toujours sur la morphologie écidienne.

C'est ce qu'admet aussi HIRATSUKA (1936).

ZOGG a récemment décrit (1949) une nouvelle espèce avec urédospores : *Gymnosporangium Gaeumanni* sur *Juniperus nana* qui vient d'être également trouvée en France (GÄUMANN, 1954).

L'existence d'urédospores ne doit pas être considérée comme un caractère suffisant pour la création d'un genre. Des conditions locales pourraient vraisemblablement intervenir dans la production de ces organes, d'ailleurs sans grande utilité puisque le mycélium diploïde est perenne sur le genévrier. Cependant pour certaines espèces la perennité est de courte durée (*G. juniperi-virginianae* : 2 ans).

Toutes les espèces de *G.* sont hétéroxènes à l'exception d'une espèce (américaine) *G. bermudianum* (Farl.) Earl. dont on connaît les écidies, à pseudopéridium non hygroscopique, et les téliosores portés par les mêmes galles sur *Juniperus barbadensis* L. et *J. virginiana* L. On ne connaît pas de pycnides à cette espèce. BULLER (VII, p. 396) pense que *G. bermudianum* est homothallique.

De nombreux autres genres hétéroïques d'Urédinées font leur cycle entre des Angiospermes-dicotylédones et des Gymnospermes, mais leur cycle est inversé. En effet chez *G.* la gymnosperme porte le stade télien alors que l'angiosperme porte le stade écidien. Chez les autres genres, c'est l'inverse qui a lieu ; par exemple : *Coleosporium*, *Pucciniastrum*, *Melampsorella*, *Cronartium*.

A côté de ce caractère qui éloigne les *G.* des autres Urédinées, d'autres caractères morphologiques ou biologiques, au contraire les rapprochent de plusieurs genres.

Par leur téliospore bicellulaire, les *G.* se rapprochent des *Puccinia*, c'est ce qui les classe dans les Pucciniacées.

Cependant la présence de substances gélatinoïde sur les pédicelles et pour certains à la surface même des téliospores, n'est pas un caractère spécial à ce genre. La substance gélatineuse peut, soit être formée à la surface de la spore (pédicelle compris), soit former une masse à l'intérieur de laquelle les spores se forment. Voici quelques genres d'Urédinées avec la répartition de la gélatine (descriptions empruntées en partie à THIRUMALACHAR et MUNDKUR)

Acrotelium Sydow 1928, a des spores légèrement hygroscopiques.

Anthomycetella H. et P. Sydow 1916. Spores à membrane gélatineuse.

Cleptomyces Arthur 1918. Spores à plusieurs membranes dont l'externe est hygroscopique.

Coleopuccinia Pat. 1889. Les téliospores (à une ou deux cellules) subépidermiques sont enfoncées dans une masse gélatineuse. Les pédicelles se gélatinisent à maturité et les spores germent sur place. C'est un caractère semblable à celui des *G.* PATOUILLARD met ce genre entre *G.* et *Uropyxis*. DIETEL le place aussi à côté de *G.*

Coleosporium Lev. 1847. Téliosores gélatineux à la germination.

Goplana Raciborski 1900. Téliospores enrobées dans une masse gélatineuse. Cette espèce se rapproche beaucoup des Tremelles.

Gymnopuccinia Ramakrishnan 1951. Téliospores sortant en colonne ; elles sont enrobées dans une matrice gélatineuse, les pédicelles étant aussi gélatineux.

Gymnotelium Sydow 1921. Comme nous l'avons vu plus haut, ce genre a été créé par SYDOW pour une espèce en tous points semblables à *G.* mais présentant en plus des urédospores. Il est aujourd'hui mis en synonymie de *G.*

Hamaspora Koern 1877. Pédicelle légèrement gélatineux. L'espèce qui avait motivé la création de ce genre, *H. ellisii* K. a été mise en synonymie de *G. ellisii* (Berk.) Farl.

Masseella Diet. 1895. Les téliospores sont émises dans une gelée formant une urne, ce qui rapproche ce genre des *Endophyllum*.

Phragmidium Link 1816. Certaines espèces, celles appartenant à la section *Euphragmidium* ont un pédicelle hygroscopique gonflant à la partie inférieure.

Phragmopyxis Diet. 1897. Paroi cellulaire gélatineuse.

Prospodium Arth. 1907. Pédicelle hyalin ou teinté, souvent hygroscopique.

Puccinia Pers. 1794. Certaines espèces ont également des spores hygroscopiques : par exemple *P. buxi*, *P. asphodeli*.

Trichopsora Lag. 1891. Spores enrobées dans une gelée.

Trochodium Syd. 1919. Pédicelle hyalin gonflant dans l'eau en formant un ballon au-dessous du point d'attache de la spore.

Uromyces Link 1816. Gonflement limité au pore germinatif. Cette observation est, à notre avis, en rapport seulement avec la germination.

Uropyxis Schr. 1875. Membrane externe de la spore hygroscopique. Ce genre selon PATOUILLARD (1889) serait intermédiaire entre *G.* et *Puccinia*.

Cependant ces ressemblances ne se bornent pas à d'autres membres de la famille des Urédinées. En effet chez les Septobasidiacées, le genre *Uredinella* a des basides à aspect de téleutospore ; on rencontre parfois une transformation en promycelium interne comme chez des Urédinales, ce qui est général chez les Auriculariacées.

III. — CYCLE ÉVOLUTIF DES GYMNOSPORANGIUM

Les *Gymnosporangium*, nous l'avons déjà dit, à l'exception d'une espèce américaine, sont hétéroïques. Leur cycle se fait sur des hôtes de position systématique éloignée : une Gymnosperme et une Dicotylédone. Le diplonte est ici très exigeant puisqu'il lui faut un hôte des genres *Juniperus* ou *Cupressus* (tous deux appartenant aux Cupressacées) ; l'haplonte au contraire est plus polyphage puisqu'il parasite des espèces et des genres différents appartenant cependant à la même tribu des Pomoïdées. Le chimisme des hôtes intervient. Il est probable que l'on retrouve chez les diverses Pomoïdées des composés chimiques voisins (réactions sérologiques ?). Ainsi dans nos régions : *Crataegus, Cydonia, Amelanchier* et même *Pyrus* peuvent être parasités par *G. clavariaeforme* dont le diplonte est spécifique de *Juniperus communis*. Au contraire, *G. fuscum* se limite au *Pyrus* s. s. pour le stade écidien : le stade télien se rencontre sur plusieurs espèces de *Juniperus*.

Le cycle évolutif le plus répandu des *G.* comprend :

1° Un stade diploïde sur Cupressacées. Ce stade généralement vivace sur les rameaux provoque des déformations. La perennité du mycélium remplace les urédospores, généralement absentes dans ce genre. Sur ces déformations se forment les téliosores dont les spores ou probasides donnent en germant les basides puis les basidiospores qui infecteront les Rosacées.

2° Un stade haploïde sur Rosacées. Ce stade comporte les Spermogonies puis les écidies. Il provoque des déformations variables sur les organes chlorophylliens ; sur ces déformations apparaissent les écidies caractéristiques dont les écidiospores infecteront la Cupressacée.

C'est ce type de cycle que l'on rencontre le plus fréquemment : par

exemple *G. clavariaeforme* (Jacq.) DC., *G. aurantiacum* Chev., *G. fuscum* DC., *G. gracile* Pat.

D'autres espèces ont des cycles différents :

S-I-II-III [1]. — *G. nootkatense* (Trel.) Arth. (= *Gymnotelium n.* Syd.) possède des Urédospores foliicoles qui participent à la propagation de la maladie sur *Chamaecyparis nootkatensis* (Lamb.) Spach. (= *Cupressus n.*). De ce fait la répartition de cette espèce n'est plus tributaire de celle de l'hôte écidien (*Malus, Pyrus, Sorbus*) ; elle peut donc se rencontrer et se maintenir sur le *Cupressus* même en l'absence de la Pomacée. Cette espèce possède donc tous les stades d'une Urédinée complète.

II-III. — *Gymnosporangium Gaeumanni* Zogg (1949) possède aussi des urédospores foliicoles. On ne connaît pas, à ce jour, l'hôte écidien. Elle est donc provisoirement incomplète. L'existence des urédospores ne rendant pas nécessaire la présence de l'hôte secondaire pour la conservation de la maladie, il est possible que cet hôte ne se trouve pas dans le voisinage. Lorsqu'on l'aura trouvé, cette espèce sera, comme la précédente, une Urédinée complète.

III. — *G. cupressi* Long. et Goodd. Connue seulement par ses téliospores provoquant des déformations sur les tiges de *Cupressus arizonica* Greene.

G. minus Crowell (1940), connu de Grèce sur *Cupressus sempervirens* L.

I-III. — *G. bermudianum* (Farl.) Earle est une espèce autoïque sur *Juniperus barbadensis* L., *J. virginiana* L., *J. bermudiana* L. et *J. lucayana* Britt. En effet on a rencontré successivement les écidies (mais pas de spermogonies) et les téliosores sur les mêmes galles de genévriers. Son extension est liée essentiellement à celle de ses hôtes et en rapport avec ses exigences climatiques.

S-I. — Enfin il existe des stades écidiens que l'on a rapportés au genre *G.* ; *G. hyalinum* (Cooke) Kern. connu seulement sous les stades spermogonies et écidies sur diverses espèces de *Crataegus*.

IV. — RÉPARTITION

Kern (1911) a étudié la répartition des espèces aux États-Unis. Il la considère sous la dépendance de plusieurs facteurs : distribution des hôtes et rapport de voisinage d'un hôte par rapport à l'autre ; il conclut, à une époque où la prospection n'avait pas été aussi poussée que de nos jours, à la répartition des *G.* dans l'hémisphère Nord. Il remarque encore que la plupart des Pomacées hôtes de ces parasites se trouvent dans l'hémisphère Nord. De plus, il explique l'abondance des espèces de *G.* en Amé-

[1] Nous utilisons cette dénomination des organes reproducteurs : S = Spermogonie ; I = écidies ; II = urédosores ; III = téliosores.

rique du Nord par le plus grand nombre d'espèces de genévriers dans cette région.

En 1940 CROWELL étudie la répartition géographique des espèces de *G.* dans le monde ; l'une de ses principales conclusions, confirmant dans ce sens celle de KERN, est l'extension du genre dans l'hémisphère Nord et plus particulièrement dans la portion tempérée. Chacun des grands continents contient une flore de *G.* distincte avec l'exception de trois « grandes espèces tricontinentales » : *G. aurantiacum* Chev., *G. clavariaeforme* (Jacq.) DC., *G. juniperinum* (L.) Mart.

TABLEAU A

Répartition des espèces européennes de Gymnosporangium

Gymnosporangium	J. Juniperus. C. Cupressus.	Pomacées	France	Europe	Afr. Nord
amelanchieris (DC) Fisch	J. communis.	Amelanchier.	+	+	
aurantiacum Chev.	J. communis.	Sorbus.	+	+	+
	J. conferta.	Pyrus serotina.			(Buller)
	J. rigida.	Amelanchier.			
	J. sibirica.				
clavariaeforme (Jacq.) DC	J. communis.	Crataegus.	+	+	+
	J. nana.	Cotoneaster.			
	J. oxycedrus.	Amelanchier.			
	J. phoenicea.	Sorbus.			
	J. hibernica.	Cydonia.			
clavipes C et P	J. communis.	Amelanchier.		Lusitania	
	J. sibirica.	Crataegus.		(Cunha)	
	J. virginiana.	Cydonia.			
		Malus.			
confusum Plowr.	J. sabina.	Crataegus.	+	+	+
	J. virginiana.	Cotoneaster.			
		Cydonia.			
		Mespilus.			
fusisporum Fisch.	J. sabina.	Cotoneaster.		+	+
					Maroc
Gaeumanni Zogg	J. nana.	?	+	+	
				Suisse	
gracile Pat.	J. oxycedrus.	Crataegus.	+	+ ?	+
		Cydonia.			
juniperinum (L.) Mart.	J. communis.	Pyrus.	+	+	
	J. nana.	Malus.			
		Sorbus.			
malyi Picb.	?	Cr. monogyna.		+	
				Bosnie	
minus Crowell	C. sempervirens.			+	
				Grèce	
orientale Syd.	?	Crataegus.		+	
sabinae (Dicks.) Wint.	J. sabina.	Pyrus.	+	+	
	J. virginiana.				
	J. chinensis.				
	J. japonica.				
	J. phoenicea.				
	J. excelsa.				
	J. oxycedrus.				
tauricum Eriks.	J. phoenicea.	Crataegus.	+ ?	+	
		Cydonia.		Crimée	
torminali-juniperinum Fisch.	J. communis.	Sorbus.	+	+	
turkestanicum Tranzsch.	J. turkestanica.			+	

La répartition des *G.* est avant tout fonction de la répartition de leurs hôtes. En effet CROWELL distingue :

A : les espèces qui occupent tout le territoire couvert par la superposition de leurs hôtes (*G. libocedri*, *G. kernianum*...)

B : les espèces qui occupent moins que tout le territoire de superposition des hôtes :

1° Espèces confinées à la répartition de leur hôte primaire (télien), dont la présence est obligatoire : *G. juniperi-virginianae*...

2° Espèces confinées à une portion de zone d'intrication des hôtes (facteurs climatiques et périodes de sensibilité des hôtes) : *G. corniculans*.

3° Espèces largement distribuées non limitées par leurs hôtes : *G. aurantiacum*, *G. clavariaeforme*, *G. juniperinum* ; leur hôte télien *J. communis* est très répandu et leurs hôtes écidiens sont très nombreux et divers.

***

On voit par là que l'étude des *G.* a été l'objet d'un grand nombre de travaux. Cependant, ainsi que nous l'avons dit dans l'introduction, de nombreux cycles restent encore imprécis, et, plus particulièrement dans notre région, les problèmes qui restent à résoudre sont nombreux. Nous citerons par exemple l'ignorance, dans notre région, de l'hôte télien du *G. fuscum* pourtant abondant sur le Poirier et que nous avons pu déterminer expérimentalement ; les hôtes écidiens de plusieurs espèces étaient mal connus. Ce sont ces problèmes que nous avons essayé de résoudre et que nous rapportons ici.

CHAPITRE II

LES ESPÈCES DE GYMNOSPORANGIUM ET LE MILIEU MÉDITERRANÉEN

En ce qui concerne notre étude, le milieu méditerranéen comprend, en premier lieu, la végétation puisque les *G.* sont des parasites obligatoires de plantes supérieures, et en second lieu, le climat qui régit l'évolution de ce genre de champignons.

Nous donnerons donc dans ce chapitre, d'une part quelques considérations générales sur le milieu méditerranéen, sur les rapports qui existent entre ce milieu et les espèces méditerranéennes de *G.* Ensuite nous ferons le point des études qui ont été faites dans la région, et par suite des problèmes qui se sont posés à nous et que nous avons tenté de résoudre.

I. — LA VÉGÉTATION

La végétation de la région méditerranéenne et plus particulièrement de la région montpelliéraine a été depuis longtemps étudiée par les nombreux et éminents botanistes qui se sont succédés à l'École de Montpellier. Il sortirait du cadre de ce travail de faire un historique de ces études. Nous citerons cependant : Braun-Blanquet, Emberger, Flahault, Kuhnholtz-Lordat, Loret et Barrandon...

La diversité du milieu et surtout la succession des flores depuis le niveau de la mer jusqu'aux Cévennes (1 200-1 500 m) en 80-100 km a permis de nombreuses et intéressantes études.

Nous donnerons ici les hôtes des *G.* de la région. Leur étude complète sera faite aux chapitres réservés à l'étude des parasites qu'ils hébergent.

1. — Hôtes téliens

Certains travaux anciens (Reess) font état de *G.* sur divers *Pinus* ; plus récemment, Crowell (1940) décrit de Grèce *G. minus* comme la seule espèce européenne sur *Cupressus* ; à ce jour il ne nous a pas été donné d'observer de tels cas et tous les hôtes téliens de notre région appartiennent au genre *Juniperus*. Ce genre est représenté dans notre région par trois espèces que nous pouvons distinguer aisément ainsi :

— Feuilles en aiguilles :
  + avec une seule raie blanche à la face supérieure : *J. communis* L.
  + avec deux raies blanches à la face supérieure : *J. oxycedrus* L.

— Feuilles imbriquées, verticillées par trois, avec chez les jeunes sujets des feuilles en aiguilles ; fruit rouge : *J. phoenicea* L.

— Feuilles imbriquées, verticillées par 4-6 ; fruit bleuâtre : *J. sabina* L.

Le *J. communis* est rare dans la plaine méditerranéenne où il est remplacé par *J. oxycedrus*. Il remonte jusqu'à l'Aigoual (1 500 m). C'est en effet une espèce exigeante en humidité. On en trouve cependant quelques pieds au nord de Montpellier où il est mêlé en faible quantité aux peuplements de *J. oxycedrus*.

Le *J. oxycedrus* ou Oxycèdre ou Cade, est strictement méditerranéen (méditerranéen subhumide), exigeant en chaleur ; son extension est limitée à la zone de l'Olivier.

Le *J. phoenicea* L. ou Genévrier de Phénicie. Il est dans notre région à la limite nord de sa zone de végétation (abondance au Maroc : EMBERGER).

Les Genévriers qui nous intéressent ici peuvent être classés d'après l'indice xérothermique de GAUSSEN (1952) : *J. communis* (X_{1-2})-*J. sabina* (X_2) (1)-*J. oxycedrus* (X_{2-3})-*J. phoenicea* (X_{3-4}).

Pour chacune des espèces locales, nous avons suivi son développement, sa croissance et leurs rapports avec le développement des espèces de *G.* Nous donnerons les détails de ces études aux chapitres correspondants aux *G.* qu'ils hébergent.

2. — Hôtes écidiens

Il existe, dans notre région, plusieurs Rosacées de la famille des Pomacées qui entrent dans le cycle des *G.* des *Juniperus* ; certaines sont cultivées : *Pyrus communis, Malus communis, Cydonia vulgaris.*

Les autres sont spontanées : *Pyrus amygdaliformis, Crataegus monogyna, Crataegus azarolus, Cr. ruscinonensis, Amelanchier ovalis.*

D'autres Pomacées entrent dans le cycle des *G.*, mais elles ne se trouvent pas dans notre région (plusieurs *Sorbus*, en particulier) :

Malus. — Pommier. Espèce rarement cultivée jusqu'à ce jour dans le Bas-Languedoc en raison de ses exigences climatiques. Dans le nord du département de l'Hérault, d'après THELLUNG (1912) il serait spontané dans les haies. Nous n'avons pas rencontré de *G.* sur Pommiers et à notre connaissance il n'en a pas été signalé dans notre région. Nos essais d'inoculations de plusieurs espèces de *G.* sont restés négatifs.

Sorbus. — Nous citons ici le *Sorbus domestica* L. que l'on rencontre dans les bois de la région. Nous ne l'avons jamais trouvé porteur de rouille malgré le voisinage de Genévriers parasités. Nos essais d'inoculation sont d'ailleurs toujours restés sans résultat.

Les autres *Sorbus* qui entrent dans le cycle des *G.* ne se trouvent pas dans le Bas-Languedoc.

Nous avons pour chacune de ces Pomacées suivi son développement

(1) Nous avons introduit le *J. sabina* dans cette succession afin que l'on se rende compte de ses exigences par rapport aux espèces locales, bien qu'il soit absent de notre région.

depuis le débourrement jusqu'à la chute des feuilles afin de situer le stade critique de l'infection. Nous avons noté et représenté ces stades-repères (pour la première fois pour plusieurs d'entre elles) en nous inspirant de la méthode FLECKINGER (pour le pommier et le poirier) et des représentations de MOORE, HEY et HOLMES (1946). Nous désignons ces stades par des lettres qui correspondent chez chaque Rosacée :

O — Bourgeon dormant.
A — Gonflement du bourgeon (Swelling).
B — Rupture de la juxtaposition des écailles (Breaking).
C — Éclatement du bourgeon (Burst).
D — Bouton vert.
E — Apparition des pétales ; bouton blanc.
F — Floraison.
G — Chute des pétales.
H — Nouaison.
I — Maturité.
J — Chute des feuilles.

Nous prenons des stades moyens. FLECKINGER note des stades intermédiaires à l'aide d'indices (par ex. F1, F2, F3). Nous ne voulons pas entrer dans ces détails d'autant plus que nous ne voyons pas l'utilité parasitologique d'une telle notation généralisée à l'arbre tout entier. Ce qui importe pour nous c'est le stade du rameau ou du bouquet sur lequel nous avons effectué les inoculations. Aussi, lorsque nous utiliserons une notation intermédiaire, elle ne concernera qu'une petite partie de l'arbre.

Nous avons ajouté dans cette méthode, dans le cadre parasitologique, une étude du développement de l'épiderme dans ses rapports avec la pénétration du champignon. Nous donnerons les détails de ces études dans les chapitres correspondants des espèces de *G.* dont ces Rosacées sont les hôtes.

3. — Importance des Gymnosporangium pour les cultures

Nous ne reviendrons pas ici sur l'importance de la rouille grillagée du Poirier qui est l'objet d'une abondante littérature. Nous donnerons, à son sujet, quelques observations personnelles au chapitre que nous lui réservons dans ce mémoire.

En ce qui concerne les autres Rosacées cultivées, au premier abord, les dégâts causés par les *G.* ne semblent pas importants : cependant l'attaque des feuilles amène la réduction de la surface photosynthétique, l'augmentation de la respiration ; une attaque importante (dans le voisinage d'un hôte télien) peut amener une défoliaison précoce (*Pyrus*). Les déformations (mycocécidies) sur le limbe peuvent amener la déchi-

rure (trou, déchirure longitudinale) et la mort de la feuille (cas des attaques des *G.* à développement rapide (*G. gracile* par exemple) sur des organes jeunes). L'attaque localisée sur le pétiole est fatale pour la feuille.

Les rameaux sont également atteints et la tumeur que détermine le champignon entraîne plus ou moins rapidement (l'année en cours ou au printemps suivant) la mort de la partie située au-dessus de la tumeur (*Crataegus, Cydonia*).

Les bourgeons sont plus rarement atteints ; ils sont alors complètement tués et une nécrose peut apparaître sur les rameaux (*Pyrus*).

Les fruits sont également atteints. Les poires, jeunes lors de l'attaque ne se développent pas. Les coings sont déformés, momifiés. Les drupes des *Crataegus* sont très fréquemment attaquées, mais ici le mal est moindre en raison du rôle essentiellement ornemental de ces arbustes.

II. — DONNÉES CLIMATOLOGIQUES

Il n'est pas dans nos intentions de rappeler ici toutes les caractéristiques du climat du Bas-Languedoc. D'autres, plus avertis, ont étudié les différents phénomènes météorologiques dans cette région (Billange, Chaptal, Chassant, Emberger, Geslin, Montarlot, parmi les travaux les plus récents). Nous ne ferons pas état, non plus, des moyennes annuelles de température ou de pluie, car, envisagées sous cet angle, elles ne nous apportent aucune connaissance pratique pour notre étude. C'est au contraire l'étude du développement des phénomènes météorologiques (leur nature, leur durée, entre autres) qui nous aide à la compréhension de l'épidémiologie des parasites.

Les principales observations que nous ayons faites sur l'influence des différents facteurs du climat sur les *G.* concernent la phase télienne. C'est, à notre avis, celle qui est le plus étroitement tributaire des conditions atmosphériques. C'est de la nature de ces conditions que dépend la plus ou moins grande infestation des Rosacées. Aussi, est-ce de ce stade télien que nous parlerons, dans les paragraphes suivants, à moins que nous ne le précisions.

1. — Température

Le développement des téliosores de *Gymnosporangium* débute en hiver et la maturité des téliospores est atteinte à une période encore froide (Mars-Avril). Les *G.* sont d'ailleurs des champignons des régions tempérées et froides. On ne les rencontre pas dans les régions équatoriales (Crowell 1940 a). En effet, les sores commencent à apparaître, pour certaines espèces, sur les rameaux de Genévriers dès le mois de

Janvier ; cela pourrait expliquer la formation de la membrane épaisse et colorée des téliospores les premières différenciées, qui restent localisées à la périphérie du sore. Cette évolution continue en Février et jusqu'au mois de Mars ; dès le début de ce mois, à une période variant du 5 au 10 Mars, selon les années, les téliospores sont en état de germer. Cette germination est tributaire des conditions pluviométriques, à condition cependant que la température ne soit pas trop basse ($\geqslant 9°$), condition presque toujours réalisée en raison du caractère des pluies (pluies de régime méditerranéen).

La température joue un rôle sans grande importance dans la maturation des téliospores. Nous avons même vu apparaître sur des rameaux bas de Genévrier oxycèdre restés pendant 10 jours sous 30 cm de neige (accumulée en congère) des sores de *G. confusum*, alors qu'ils n'étaient pas visibles avant la chute de neige. Les seules spores formées sont celles à membrane épaisse ; certaines présentaient des déformations.

Lorsque, au début du mois de mars, la température est trop basse et surtout lorsqu'elle fait suite à une période particulièrement froide au cours de l'hiver, le développement ne semble pas modifié morphologiquement, mais la maturité des spores, c'est-à-dire leur faculté *germinative* se trouve retardée de quelques jours. Ce fait est en corrélation avec le retard provoqué au développement des Rosacées.

FIG. 1. - Teliospore de *G. gracile* ayant subi une gelée (—5°). La cellule supérieure est atrophiée.

Lorsque la température devient trop basse, il peut y avoir gel. Cela se produit surtout lorsque les spores sont mûres (en état de germer) et qu'un gonflement des sores avec émission de basidiospores a déjà eu lieu. On rencontre alors des sores ratatinés constitués de spores déformées (et par suite incapables de germer) (fig. 1).

Si les conditions sont normales, la faculté de germer se maintient pendant les mois de Mars et Avril. Selon l'intensité et la fréquence des pluies, les sores sont plus ou moins nombreux vers la mi-Avril : si la période a été sèche, les sores peuvent encore gonfler et émettre des basidiospores tardives, mais dès le mois de Mai (dans notre région), pour certaines espèces du moins (*G. confusum*, *G. gracile*), la température est trop élevée et les feuilles des Rosacées sont trop développées pour permettre la pénétration du parasite.

Les époques les plus favorables au développement des téliosores et à l'émission des basidiospores sont celles où la température varie entre 8° et 20° pour nos espèces locales. TOGASHI (1949) a réuni les caractères biologiques des champignons parasites ; en ce qui concerne les

G. il cite les températures de germination des spores d'un certain nombre d'espèces ; or il ne s'agit que d'espèces américaines ou asiatiques ; celles de nos espèces locales ne sont pas connues, aussi les avons-nous établies. Wolf et Wolf (1947) donnent aussi les températures de germination pour deux espèces de *G.*

Nous reproduisons ci-dessous ces tableaux et les complétons pour nos espèces locales (tableau B).

Tableau B

Températures de germination des téliospores et basidiospores

Espèce	Téliospores			Basidiospores			Référence
	m.	O.	M.	m.	O.	M.	
G. clavipes C. et P.	7	22-25	29				Weimer 1917
G. germinale (S.) K.	3-7	22-25	29				Weimer 1917
	4	24	~ 32	8	16	~ 28	Miller 1932
G. globosum Farl.	7	22-25	29				Weimer 1917
	4	24	~ 32	8	16	~ 28	Miller 1932
G. haraeanum Syd.		~ 20					Takeuchi et Tateischi 1933 in Togashi
G. juniperi-virginianae Schw.	11	15	29				
	7	23-24	29				Wolf 1947
	7	22-25	29				Weimer 1917
	~ 10	13	~ 25				Reed et Crabill
	~ 4	24	~ 32	~ 8	16	29	Miller 1932
G. yamadae M.	~ 7	16-22	30				Fukushi 1925 in Togashi
G. gracile Pat.	6	13	30	7	12	22	
G. confusum Plowr.	7	17	32	8	18	28	
G. clavariaeforme (J.) DC.	7	12	34	7	12	20	
G. juscum DC	8	18	25	11	18	25	
G. tremelloides Hart	7	19	28	10	18	28	

Les températures de germination des téliospores sont spécifiques, mais elles sont voisines et comprises entre des extrêmes (d'une manière générale entre 7° et 29°).

Si nous considérons les moyennes des températures dans la région montpelliéraine nous trouvons (Chaptal 1928) :

	Moyenne des minima	Moyenne des maxima
Février	2,02	13,14
Mars	4,10	15,89
Avril	7,17	19,15

Ces moyennes ne nous donnent que des extrêmes et sur les 30 jours des mois considérés les variations peuvent être notables surtout lorsqu'il s'agit d'organismes microscopiques sensibles aux moindres variations.

Ce qui importe avant tout c'est la température au moment de la pluie ; or dans nos régions la pluie est amenée par des vents venant de la mer et donc tièdes. Il faut donc considérer les températures des jours

de pluie et surtout *au moment* de la pluie. Les extrêmes entre lesquelles nous avons observé des gonflements de sores *sous la pluie* sont 8-9° et 14°. La température n'a pas une valeur supérieure pendant les précipitations à l'époque que nous retenons.

2. — Pluie

Une des caractéristiques du climat méditerranéen est la répartition des pluies en deux périodes : printanière et automnale. VERNET (1945) relève pour une année normale pendant les mois qui nous intéressent :

Février	Mars	Avril	Mai
49	60	72	60 mm

Les deux mois de Mars et Avril sont donc d'une manière générale, pluvieux puisqu'ils reçoivent approximativement le 1/10 de la pluie annuelle (moyenne annuelle 754 mm), en 9-10 jours. Mais ces quantités de précipitations ne nous donnent pas de renseignements d'ordre biologique. C'est, en effet, la nature et la durée de la précipitation qui nous intéressent : une averse de courte durée, même violente, caractéristique de notre région, suivie de vent sec et de soleil est insuffisante à faire germer les spores. Si, au contraire, le régime pluvieux s'installe plusieurs jours et est constitué d'averses entrecoupées de coups de vent, ce sont là des conditions qui conviennent parfaitement au gonflement des sores, à la germination des téliospores et à la dissémination des basidiospores sur les Rosacées.

Ce régime pluvieux est tributaire des vents ; ce sont, en effet, les vents du Sud ou « marins » qui amènent la pluie en même temps qu'une température relativement douce qui favorise la germination des spores ; ils maintiennent en outre un degré hygrométrique élevé (90-100°).

En effet, la pluie est nécessaire au gonflement des téliosores. C'est l'eau qui ruisselle le long des rameaux qui est utilisée. L'humidité seule est insuffisante si elle n'a pas été précédée d'une pluie. Le gonflement des sores est rapide si l'eau est abondante ; si, au contraire, la pluie tombe sous forme de fines gouttelettes, le gonflement est plus lent et dépend de l'exposition du rameau de Genévrier.

Au contraire, une pluie de trop longue durée ou trop violente, accompagnée de coups de vent provoque la chute des sores : ce cas est fréquent chez *G. confusum* caractérisé par des sores volumineux à l'état gélatineux et aussi chez *G. tremelloides* encore plus sensible. Par contre *G. gracile* a des sores petits, abrités par la touffe du balai de sorcière qu'il provoque. Il a besoin d'une pluie persistante pour mouiller les rameaux internes du balai de sorcière, et par suite pour faire gonfler les sores.

Il nous a été donné d'observer dans le Jura, près de Besançon, en Avril 1952, la persistance des sores de *G. clavariaeforme* sur *Juniperus communis*, au cours d'une période pluvieuse qui durait depuis plusieurs jours, mais il faut bien le préciser, en l'absence de vent violent. Les sores étaient gélatineux, mais avaient conservé leur aspect primitif. La pluie fine, continue de cette région, provoque une période d'émission continue et de plus longue durée que dans nos régions à climat méditerranéen. BAKER (1951) considère que la pluie est la forme la plus efficace de l'humidité favorable au développement des maladies et, quand elle dure plusieurs heures ou plusieurs jours. les conditions deviennent idéales ; si elle persiste pendant longtemps, toutes les surfaces absorbantes deviennent saturées et contribuent à maintenir une forte humidité (microclimat).

On pourrait rapprocher cette notion de *pluie utile* de celle de CHAPTAL (1931), *pluie efficace*. Cet auteur a établi cette notion pour la quantité de pluie absorbable par le sol. Il considère qu'une pluie inférieure à 4 mm n'est d'aucun bénéfice pour l'humidité du sol. En effet, elle ne créerait pas un degré hygrométrique suffisamment élevé pour maintenir un microclimat favorable. Cette quantité est nécessaire au développement des *G.*

Il était intéressant de préciser l'influence de cette valeur sur le développement des espèces locales. Pour cela nous avons relevé les chutes de pluie des jours où nous avons réalisé des inoculations, en relation avec les inoculations naturelles (1). Il ressort de ces études qu'une chute de pluie de 4 mm est suffisante pour provoquer le gonflement des sores, l'émission des basidiospores et l'infection des Rosacées à condition qu'elle s'étende sur plusieurs heures (15 h. environ) et qu'un vent du N-NW, sec ne lui succède pas. De plus, nous avons noté que de telles conditions étaient nécessaires et suffisantes pour inoculer le Cognassier, dont les feuilles retiennent très difficilement l'eau. Au contraire, le *Crataegus monogyna* a un pouvoir de rétention plus élevé en raison de la morphologie de sa cuticule (ridée au niveau des nervures), et peut être infecté à la faveur d'une chute de pluie inférieure à 4 mm.

Cependant si la pluie persiste plusieurs jours, les conditions sont favorables au maximum et les réussites des infections sont totales. Lorsque la pluie a lieu au cours d'une période sèche l'absorption par le sol est importante et le microclimat est alors insuffisant à maintenir une humidité nécessaire à l'infection.

Il faut également envisager le problème *géographique* de la pluie surtout dans le cas d'un parasite hétéroïque à grandes possibilités de

(1) Nous remercions ici M. GODARD, directeur de la Station de Bioclimatologie agricole de Bel-Air à Montpellier qui a bien voulu nous communiquer les relevés météorologiques effectués à cette station voisine de notre champ d'étude.

dissémination. En effet, les nuages, qui amènent la pluie, se déplacent rapidement, suivent des courants aériens ; il est ainsi fréquent qu'il pleuve en un point et que, quelques kilomètres plus loin il ne pleuve pas. C'est ainsi qu'en avril 1953 à l'Ecole d'Agriculture nous n'avons pas eu de pluie, mais dans les stations d'études à 7-8 km plus au Nord, la pluie a été suffisante pour faire gonfler les sores et donc provoquer la formation de basidiospores, à tel point que lorsque nous avons visité ces stations, le lendemain, il ne restait plus aucun sore sur les Genévriers. Ces stations seules étaient devenues un centre de propagation de la maladie.

Nous citerons à l'appui de cette variation le tableau donné par BRAUN-BLANQUET (1915) sur la répartition des pluies du littoral aux Cévennes méridionales :

	Dist. mer km	Alt. m	Pluie mm
a) Bordure méditerranéenne :	—	—	—
Palavas	0	0	625
Montpellier	12	45	745
Saint-Mathieu de Tréviers	32	141	904
b) Basses montagnes :			
Plateau de Valène	30	233	968
Col de la Cardonille	45	317	1 007
c) Vallée de l'Arre :			
Le Vigan	75	230	1 534
Arrigas	65	860	1 636
d) Montagnes. Aigoual :			
Valleraugue	90	375	1 652
Aigoual	100	1 567	2 175

3. — Vents

Deux principaux types de vents s'opposent dans notre région et se rencontrent presque toute l'année, avec des intensités variables.

a) Vents continentaux secs.

1° *Vent du NNW ou Mistral* : le plus important. Il est très violent et souffle 4-5 jours consécutifs. En passant sur les hauts plateaux neigeux (en hiver et au printemps) du Massif Central et des Cévennes, il amène le froid. Il balaie les nuages et installe un temps beau mais froid.

2° *Vent du Nord-Est.* Il alterne avec le Mistral. Il est froid et provoque la gelée blanche.

3° *Vent d'Ouest ou Narbonnais.* Il adoucit la température, amène quelques nuages mais rarement la pluie.

b) Vents humides

1° *Vents du Sud et du Sud-Est.* Ils sont chargés d'humidité. Ils provoquent un temps couvert, pluvieux et des brouillards. Ils amènent de fortes pluies.

2° *Vent d'Est.* Fréquent au printemps, il amène un régime de précipitations continues.

La pluie fine continue, amenée par ces vents humides, entretient un milieu favorable aux *Gymnosporangium*. Les coups de vent favorisent la dissémination des basidiospores dans le voisinage.

4. — Rosée

Il est classique de citer le mildiou de la vigne comme parasite dont l'évolution est liée à la rosée. En ce qui concerne les *Gymnosporangium* nous n'avons rien relevé de semblable. Pour le stade télien l'eau apportée par la condensation est insuffisante pour déterminer un gonflement des sores et de plus elle ne reste pas suffisamment longtemps, disparaissant dès les premiers rayons du soleil.

Pour l'haplonte, sur les Rosacées, l'action de la rosée est tout autre : elle contribue à la sécrétion du nectar par les spermogonies et favorise ainsi la conjugaison des noyaux par l'intermédiaire des insectes butineurs « mélangeurs » de nectars de provenance différente.

Quant à l'action de la rosée sur les écidies elle a lieu sur le pseudo-péridium chez qui les variations d'humidité provoquent des mouvements d'enroulement et d'expansion favorables à la dissémination des spores.

***

En résumé le développement des téliosores de *Gymnosporangium* nécessite :

— une *pluie* suffisante pour les mouiller, surtout importante pour le premier gonflement de l'année (humectation difficile) ;

— une *humidité* d'une dizaine d'heures consécutive à la pluie, pendant lesquelles se forment, à la surface du sore, les basidiospores si la température est suffisante (ce qui est presque toujours le cas) les *G.* n'étant pas exigeants et les pluies ayant presque toujours lieu par une température relativement tiède ;

— des *vents* qui entraîneront les basidiospores dans le voisinage et même à de grandes distances sur les Rosacées encore humides.

(Nous voyons ici la nécessité de réaliser les inoculations sous la pluie.)

Lorsque la pluie est terminée, le sore se dessèche lentement, se recouvre de basidiospores orangées et prend un aspect différent de son aspect primitif ; il peut être plaqué sur le rameau ; il lui suffira alors de la moindre pluie pour reprendre sa turgescence.

Enfin lorsque les sores sont gélatineux ils sont le pôle d'attraction pour de nombreux animaux qui y pondent (insectes) ou les broutent (gastéropodes, myriapodes...) et contribuent à leur destruction.

C'est donc une alternance de pluie et de vents qui est nécessaire au développement des G. On la trouve en effet dans notre région où, au printemps, nombreuses sont les successions de temps « marin » pluvieux et doux et de temps du Nord, froid et sec. Cette succession est rapide ; cependant il existe généralement une journée où il y a un conflit entre les deux tendances.

Le Bas-Languedoc est donc caractérisé par la pluviosité en saison froide et la sécheresse en saison chaude. Si nous nous reportons à la classification d'EMBERGER, nous nous trouvons dans l'étage méditerranéen sub-humide.

Nous reprendrons dans la deuxième partie de ce mémoire, à chaque chapitre correspondant, l'influence du climat sur chaque espèce de *Gymnosporangium*.

III. — LES ÉTUDES MYCOLOGIQUES DANS LA RÉGION MÉDITERRANÉENNE

Il n'existe pas de travail d'ensemble sur les *Gymnosporangium* de la région méditerranéenne. Les observations que la littérature nous révèle sont fragmentaires et manquent souvent de précisions, ce qui les rend inutilisables pour une étude approfondie.

J. de SEYNES (1863) a fait l'historique de la mycologie dans la région. Il s'est surtout attaché aux Macromycètes. Il signale cependant que les Micromycètes ne commencent à avoir une place dans la littérature qu'avec De CANDOLLE. De SEYNES pour sa part n'a étudié que les Agaricinées.

CELOTTI (1887) fait le recensement des champignons parasites qu'il a rencontrés aux environs de Montpellier. Cette liste manque de précisions et de dates. Il cite parmi les Urédinées qui nous occupent ici : *G. clavariaeforme* (Jacq.) DC. sur *Crataegus oxyacantha* (sic) et *C. azarolus* (sic) ; et l'*Aecidium penicillatum* (Mull.) A. et S. (= *G. tremelloides* Hart.) sur *Pyrus*. Il est probable que dans ce dernier cas il s'agit du *G. fuscum* DC. dont l'aecidium est *Roestelia cancellata* Rebent.

En 1895, BOYER et JACZEWSKI publient une importante liste de parasites des environs de Montpellier. Malheureusement de nombreuses imprécisions et l'absence de dates rendent ces références inutilisables pour l'étude biologique que nous voulons faire. Pour ce qui nous intéresse, ces auteurs citent (p. 197) en plus des récoltes de CELOTTI : *G. clavariaeforme* (J.) R. écidies sur *Crataegus* (sic) et téliosores sur *Juniperus communis* à Montarnaud et Saint-Martin de Londres.

G. de LAGERHEIM publie en 1899 une liste de parasites des environs de Montpellier. Ses observations, comme celles des auteurs précédents, manquent de précisions.

En 1902, PATOUILLARD décrit le *G. gracile* qui provoque les balais de sorcière sur *Juniperus oxycedrus* qu'il a trouvés en Tunisie. Plus tard, il le signalera dans le Midi de la France.

BRESADOLA (1903) décrit au Portugal le *G. oxycedri* qui forme des fuseaux sur les rameaux de *Juniperus oxycedrus*.

ARNAUD, FOEX et REY dans leurs Notes botaniques, agricoles et météorologiques citent, en 1908, la formation des écidies de *Roestelia cornuta* Fr. (= *G. aurantiacum* Chev.) sur *Crataegus monogyna* (sic) le 10 Mai, à Montpellier.

A. de CROZALS récolte trois échantillons (1) dans les environs de Béziers :

G. clavariaeforme, I sur *Crataegus oxyacantha* à Vias, Août 1911, I sur *Crataegus monogyna* à Ribaute, Mai 1913.

G. juniperinum, S sur *Amelanchier vulgaris* à Colombières sur Orb, Mai 1912.

G. et Mad. ARNAUD dans leurs Notes de Pathologie végétale (1923) rapportent un certain nombre de parasites et en particulier des *Gymnosporangium* qu'ils ont récoltés tant sur la Côte d'Azur que dans le Gard. Leurs récoltes sont accompagnées d'observations intéressantes qu'il nous est possible de confirmer et que nous reprendrons à leur place. Ils ont relevé : *G. clavariaeforme* (Jacq.) Reess, *G. tremelloides* Hart., *G. oxycedri* Bres., *G. gracile* Pat.

Ed. FISCHER de 1890 à 1928 a poursuivi des recherches et publié plusieurs études sur les *G.* de la région méditerranéenne (Var, Gard). Il a essayé d'inoculer un certain nombre de Pomacées et a obtenu certains résultats qu'il n'a pas rapportés dans la nature. Ces observations sont cependant d'un grand intérêt ; nous y reviendrons.

G. et Mad. ARNAUD dans leur Traité de Pathologie végétale (1931) font une étude poussée des *G.*, en particulier de ceux de la région, comme en témoignent les nombreuses photographies qui illustrent cet ouvrage.

En 1937, KUHNHOLTZ-LORDAT cite dans ses « Glanes phytopathologiques » cinq G., tant sur Rosacées que sur Genévriers, relevant la mauvaise connaissance du cycle du *G. sabinae*. Ce même auteur donne en 1943, dans son mémoire sur le diplonte des Urédinées, un tableau des cycles possibles des divers *G.*, d'après ses observations et celles des différents auteurs qui ont étudié ce problème.

En 1948, dans la « Flore des environs de Montpellier » KUHNHOLTZ-LORDAT donne au paragraphe *Juniperus* les cycles possibles des divers G. que l'on rencontre sur les Genévriers de la région et donne quelques renseignements quant à la biologie de ces Urédinées et propose la « Car-

(1) Ces échantillons ainsi que toutes les autres récoltes de A. de CROZALS, sont déposés dans l'herbier de la Station de Phytopathologie du Centre de Recherches Agronomiques de Provence à Antibes. Nous remercions bien sincèrement M. BARTHELET, directeur de ce Centre, de l'empressement avec lequel il nous a communiqué les échantillons qui nous intéressaient.

tographie » des hôtes et parasites en vue de l'étude des cycles. Nous verrons que ce mode d'étude a contribué à nous donner des indications utiles.

MAYOR et VIENNOT-BOURGIN (1949) citent les *G.* qu'ils ont récoltés dans la région.

En 1950, nous avons signalé l'existence de plusieurs espèces de G. dans la Costière nimoise, et en 1952 nous avons donné quelques indications sur la biologie de ce genre.

Ce sont là les travaux régionaux concernant le genre *G.* Ils sont peu nombreux et méritent d'être repris. En effet, la plupart de ces études ne sont pas le résultat d'observations biologiques ; ce sont, en général, des études de systématique. Leur valeur est indiscutable quant à la répartition des espèces. Nous estimons que l'étude biologique est nécessaire, c'est pourquoi, dans ce travail, nous avons cru intéressant d'étudier ce point de vue sans cependant négliger la systématique.

Le tableau C résume les études régionales que nous venons de passer en revue. Il nous présente un certain nombre de cases vides ; ce sont elles que nous avons voulu essayer de combler tout en apportant des précisions aux cycles déjà réalisés.

Les stations n'étant pas relevées avec précision, ces éléments ne peuvent servir à dresser une carte détaillée. Au chapitre suivant nous préciserons quelles ont été les stations que nous avons visitées et nous donnerons la carte de la région prospectée.

TABLEAU C

Cycles des espèces de Gymnosporangium *trouvées à ce jour dans la région.*

G. clavariaeforme (J.) DC ..	J. communis J. oxycedrus (MAYOR).	Crataegus oxyacantha. Cr. azarolus. Cydonia. Cr. monogyna. Pyrus communis.	CELOTTI, BOYER et JACZ. LAGERHEIM, DE CROZALS. ARNAUD, FISCHER. KUHNHOLTZ-LORDAT. MAYOR et VIENNOT-BOURGIN.
G. juniperinum (L.) Mart. .	J. communis.	Pyrus. Amelanchier.	CELOTTI. DE CROZALS, ARNAUD.
G. confusum Plowr.	J. phoenicea. J. oxycedrus.	Crataegus. Cr. azarolus. Cydonia.	LAGERHEIM, FISCHER. KUHNHOLTZ-LORDAT.
G. gracile Pat.	J. oxycedrus.		PATOUILLARD, ARNAUD. FISCHER, MAYOR. KUHNHOLTZ-LORDAT.
G. aurantiacum Chev.		Cr. monogyna.	ARNAUD et al.
G. oxycedri Bres.	J. oxycedrus.		ARNAUD. KUHNHOLTZ-LORDAT.
G. sabinae (D.) Wint.		Pyrus.	KUHNHOLTZ-LORDAT.
G. amelanchieris Fisch.		Amelanchier.	KUHNHOLTZ-LORDAT. MAYOR.

CHAPITRE III

MÉTHODES ET TECHNIQUES

A. — LES MÉTHODES DE TRAVAIL

Nos premières observations remontent à 1944 ; elles portaient sur l'évolution des tumeurs écidiennes de *G. fuscum* ; nous les avons poursuivies chaque année.

Dès 1945, nous entreprenions une série d'inoculations sur Poirier. Intensifiant nos prospections, dans la région, nous relevions plusieurs espèces de *G.* que nous jugions utile d'inoculer à différentes Rosacées. C'est pourquoi nous avons créé en pleine terre et en serre une collection de Pomacées et de Genévriers issus de plantes spontanées afin de réaliser des inoculations que nous pourrions suivre quotidiennement. L'observation *in situ* est longue et le hasard joue un grand rôle ; il arrive fréquemment que l'on passe à côté d'un pied sans faire l'observation intéressante et décisive pour la précision d'un fait, d'un point du cycle par exemple.

Région prospectée. — Notre rayon d'action autour de Montpellier fut d'abord faible ; il s'est agrandi par la suite, cependant nous sommes resté fidèle aux premières stations recensées, les ayant jugées intéressantes par les hôtes qu'elles groupaient et par le plus grand nombre d'espèces de *G.* qu'elles rassemblaient (fig. 2).

Une des stations que nous avons le plus fouillée est la Pinède de Fontfroide-le-Haut, sur la route nationale 586 de Mende à Montpellier, à 7 km au N. de cette dernière. Une étude botanique a été faite par Flahault (1937) : dans ce bois la roche moins compacte et un peu marneuse favorise le Pin d'Alep. Il cite : *Pinus halepensis*, *Rosmarinus officinalis*, *Erica multiflora*, *Quercus coccifera*, *Juniperus oxycedrus*, *Cistus monspeliensis*, *Aphyllanthes monspeliensis*, *Buxus sempervirens*, *J. communis*, *J. phoenicea*.

Une étude botanique et un relevé cartographique de cette Pinède à *Pinus halepensis* Mill. ont été faits par Kuhnholtz-Lordat [1].

De notre côté nous avons fait le relevé cartographique du sous-bois et des clairières de la Pinède et de ses abords en ce qui concerne les *Gymnosporangium*, c'est-à-dire le relevé des Genévriers, des Rosacées et des espèces de *G.* Nous verrons, plus loin, les conclusions que l'on peut en tirer. Dans cette Pinède se trouvent réunis les trois Genévriers de notre région : *Juniperus oxycedrus*, de beaucoup le plus abondant (nous

[1] Cartographie parcellaire. Cartons n° 13 et 13 *bis*. Les parcelles étudiées font ensemble environ 5 ha.

n'avons pu en faire un relevé exact), tous les pieds étant parasités par une ou plusieurs espèces de *G.* ; *J. phoenicea* (5 pieds parasités sur 41), et *J. communis* (2 pieds parasités sur 91) ; pour ces deux dernières espèces le relevé est exact. — De plus les clairières correspondant aux thalwegs

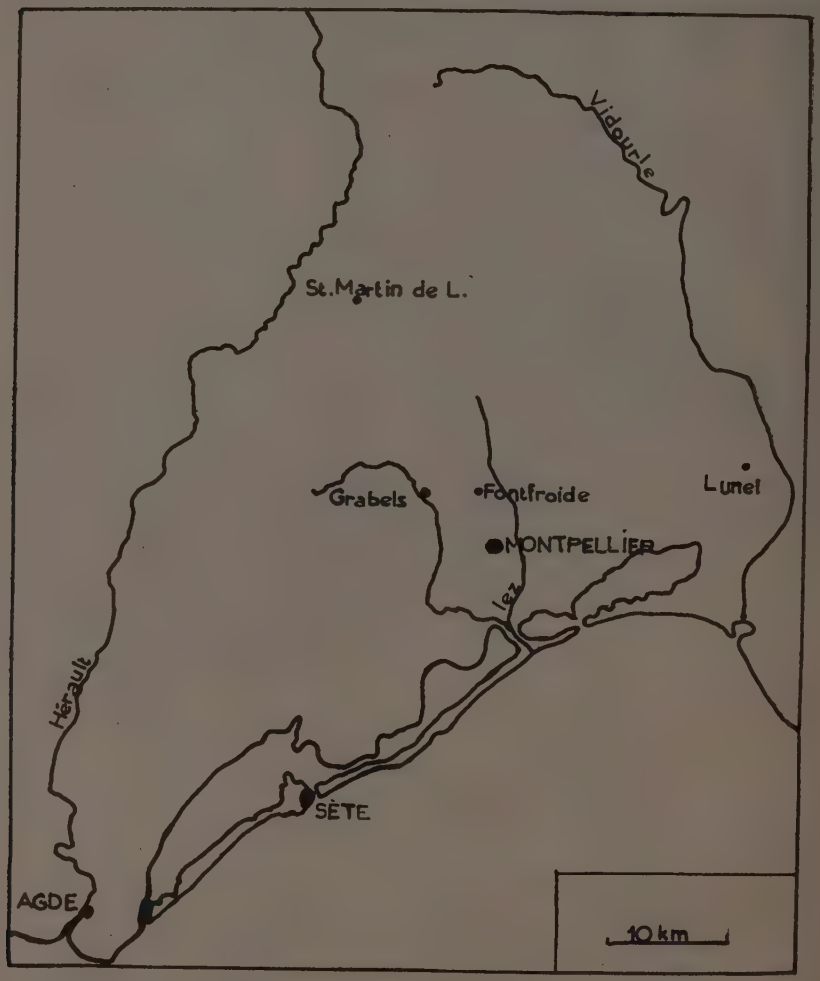


FIG. 2. — Carte de la région prospectée.

sont colonisées par *Pyrus amygdaliformis* Vill. (tous pointés sur la carte) dont certains pieds sont fortement parasités. Nous étudierons cette localisation au chapitre réservé à *G. fuscum*. En outre, dans le voisinage immédiat, de l'autre côté de la route, des haies sont constituées par *Crataegus monogyna* Jacq. et *Cydonia maliformis*, dont 90 p. 100 des

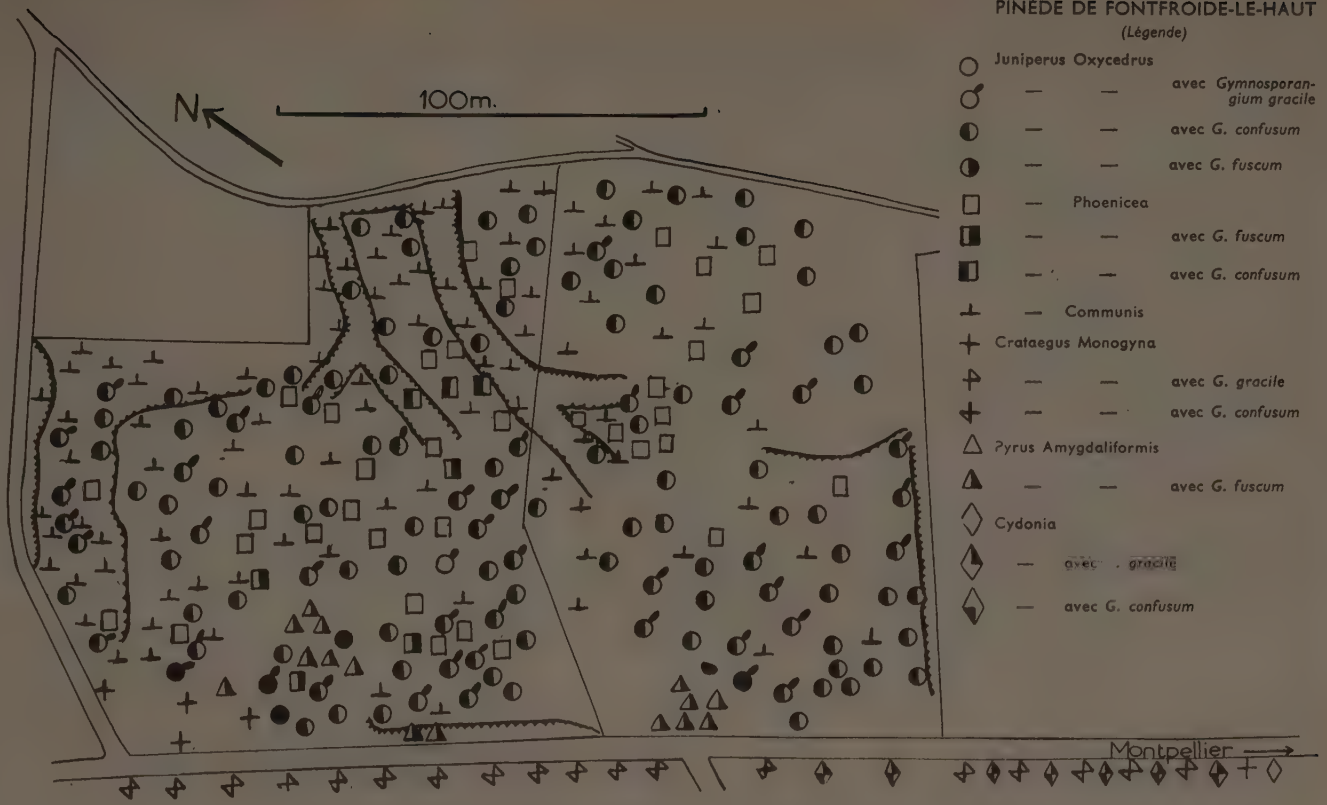


FIG. 2 *bis*. - Relevé cartographique indiquant les relations entre hôtes et parasites.

feuilles sont atteintes. Cependant plus on s'éloigne du foyer plus le parasite devient rare (ce que nous avons indiqué sur la carte par des pieds sains de *Crataegus* et de *Cydonia*). (fig. 2 bis)

Nous avons également prospecté la région de Grabels à 10 km au Nord de Montpellier, en raison du caractère semi-montagnard de sa flore : en effet, au nord de Grabels (bois de Valène), l'Amélanchier est abondant ; il est cependant très peu parasité. Nous l'avons retrouvé au Sud du village sur des escarpements à l'exposition Nord. Dans cette dernière station *Juniperus oxycedrus* et *Juniperus communis* sont tous les deux parasités ; *J. phoenicea* est indemne. Quant aux Rosacées : *Crataegus monogyna* et *C. azarolus* sont parasités ; *Pyrus amygdaliformis* et *Amelanchier* sont indemnes.

D'autres stations sont également l'objet de nos visites, mais ces deux là ont gardé notre préférence en raison de leur proximité, de leur facilité d'accès et aussi de leur richesse en *Gymnosporangium*. La proximité et la facilité d'accès sont nécessaires car la période de prospection des Genévriers pour l'étude du développement des téliosores, est de courte durée (février-mars) ; cette durée est fonction des conditions atmosphériques : la pluie la réduit ; la sécheresse l'augmente. On peut difficilement visiter avec fruit, un grand nombre de stations éloignées, d'autant plus que ce sont les observations des sores sous la pluie qui sont les plus fructueuses ; le comportement des téliosores variant avec la nature des précipitations.

B. — TECHNIQUES D'INOCULATION

De nombreux auteurs ont tenté d'inoculer divers *Gymnosporangium* ; en général ils n'ont pas exposé en détail la méthode employée. Von Tubeuf explique sa méthode : mélanger la masse télienne gélatineuse avec de l'eau ; vérifier la germination ; dilacérer la masse de spores et pulvériser sur les feuilles.

Kern (1911) fait une description succincte de sa technique ; dépôt de téliosores sur les Malaceae en pot et recouvertes d'une cloche.

Nous croyons utile de donner quelques détails sur la méthode que nous avons utilisée, qui nous a permis de faire des observations intéressantes.

1. — Matériel

a) La récolte

Le prélèvement des téliosores est effectué dans une station naturelle de Genévriers, soit sous la pluie (les téliosores sont alors turgescents et délicats à manipuler), soit loin de toute précipitation, les sores sont alors secs et faciles à prélever et transporter.

Dans le cas où le prélèvement a lieu sous la pluie, il y a intérêt à prélever un rameau porteur de sores ; ainsi la conservation pendant le transport est bien meilleure et il n'y a pas déshydratation en raison de la fine pellicule d'eau qui recouvre le rameau. Lorsqu'on est dans l'obligation de faire un prélèvement discret en raison de la rareté du parasite on utilisera pour le transport des sores turgescents de petits tubes en verre avec bouchon en liège. — Quant au prélèvement par temps sec, il ne présente aucune difficulté; seul l'enveloppement de l'échantillon dans du papier suffit.

Les prélèvements effectués sous la pluie servent, *dès le retour au laboratoire*, à des inoculations favorisées par la pluie et l'humidité.

Les prélèvements « à sec » devront avant de servir à des inoculations, subir un traitement qui remplacera la pluie. Il faut faire « gonfler » les sores c'est-à-dire faire germer les téliospores. Pour cela nous avons utilisé des lames à concavités.

b) **Lames à concavités**

Nous avons utilisé de telles lames, de préférence à des verres de montre, en raison de leur plus grande facilité de transport sur le terrain d'expérimentation. On remplit la cavité de la lame avec de l'eau de pluie et on dépose sur les bords de cette cavité le ou les sores (suivant le pouvoir de gonflement, variable avec chaque espèce) dont on aura besoin pour les inoculations. Le sore s'imbibe, les pédicelles des spores se gélifient et, en 30 minutes, à la température du laboratoire, le sore est gonflé ; il faut alors attendre environ 10 heures pour avoir des basidiospores. Il convient de ne pas immerger les sores ; en effet, si certaines espèces gonflent et atteignent un volume important (*G. confusum*), d'autres restent grêles (*G. gracile*) et n'émergent pas d'une trop grande quantité d'eau. L'immersion profonde amène une germination anormale : la téliospore émet un filament qui peut s'allonger presque indéfiniment et ne pas donner de basidiospores s'il n'arrive pas rapidement à l'air. Il en est d'ailleurs ainsi dans la nature : les basidiospores se forment toujours en surface du sore qu'elles recouvrent d'une poussière jaune caractéristique visible tant sur le sore gonflé depuis quelques heures que sur celui qui a commencé à se dessécher.

Lorsqu'on juge suffisante la durée du gonflement et le pourcentage de germination, par vérification sous le microscope, on dilacère les sores en petits lambeaux qui serviront à inoculer les feuilles de Rosacées. De tels lambeaux contiennent des téliospores (avec leurs pédicelles gélifiés), qui ont germé en basides qui ont elles-mêmes donné des basidiospores. Le fait d'appliquer un tel mélange contenant les pédicelles des spores permet de maintenir le milieu plus humide un peu plus longtemps, ce qui est plus favorable à la germination des basidiospores.

c) Aiguille ou pinceau

Pour étaler les lambeaux de sores sur les feuilles nous utilisons de vieilles aiguilles lancéolées, usées, émoussées et dont les bords ont été rodés et souvent même retournés. Avec de tels instruments les lésions faites aux organes chlorophylliens sont très légères ; elles sont même nulles avec un certain entraînement.

Nous avons également utilisé des pinceaux souples (pinceaux à aquarelle) pour l'étalement des sores ; l'application est moins pratique et un autre inconvénient réside dans la difficulté de stérilisation, alors que les aiguilles sont aisément passées à la flamme. Quant aux résultats, nous n'avons noté aucune différence entre les deux méthodes, aussi avons-nous adopté les inoculations à l'aide d'aiguilles lancéolées de beaucoup les plus pratiques à notre avis.

En tout cas il faut avoir un jeu important d'aiguilles de sorte que chacune d'entre elles soit réservée à une espèce à l'étude ; de là la nécessité de les numéroter et de procéder toujours dans le même ordre.

d) Pulvérisateur

Un petit pulvérisateur de faible contenance suffit : 200 cc environ. En effet, la quantité d'eau nécessaire est faible et un appareil plus volumineux encombrerait. Le pulvérisateur est rempli d'eau de pluie : en effet cette eau présente pour les germinations une sécurité supérieure à celle des réseaux de distribution urbaine de la région montpelliéraine qui a subi diverses désinfections et qui a pu circuler dans des canalisations métalliques et se charger de sels nocifs à la germination des spores.

La pulvérisation d'eau avant l'inoculation est nécessaire par temps non pluvieux ; au contraire lorsque les inoculations sont faites sous la pluie (pluie fine de préférence à une averse), les feuilles sont suffisamment mouillées ; l'épandage de l'inoculum est facilité et l'ambiance humide se conserve suffisamment longtemps pour permettre la pénétration du parasite à l'intérieur des tissus.

L'aspersion des feuilles par temps sec favorise la germination des basidiospores, mais elle facilite aussi l'épandage de l'inoculum. Cependant la pulvérisation d'une petite quantité d'eau dans une atmosphère sèche ne suffit pas au parasite pour pénétrer la feuille. En effet l'évaporation est alors intense et nous avons constaté que l'eau que nous avions pulvérisée avait disparu une heure après. Or nous faisons nos inoculations en fin de journée (17 à 18 h. T. M. G.) afin d'éviter l'évaporation par le soleil et de bénéficier de la fraîcheur nocturne.

Les nombreux essais d'inoculation que nous avons exécutés nous ont amené aux conclusions suivantes : nécessité d'opérer par temps pluvieux

ou à très forte humidité ou à un moment précédant une pluie. Cela nous permet de penser que dans la nature, la germination des téliospores sur le Genévrier, le transport sur la Rosacée et la pénétration des basidiospores dans les tissus des Rosacées sont des phénomènes qui se produisent très rapidement (en quelques heures) et sont sous la dépendance étroite des conditions atmosphériques.

e) Étiquettes

Des étiquettes avec des références indiqueront la nature de l'espèce inoculée et la date. Les notations seront très simples et un répertoire en donnera la signification. Elles seront inscrites à l'encre de Chine qui peut persister plusieurs années.

f) Fiches

Une fiche par arbre, sur laquelle on notera toutes les inoculations faites sur cet arbre (par ex. : espèce inoculée, origine, date, heure, nombre de feuilles, stade phénologique...). Par la suite on ajoutera des fiches supplémentaires au fur et à mesure que les inoculations donneront des résultats. Des observations fréquentes (tous les deux jours) permettront de suivre l'évolution des déformations : de l'inoculation à la maturité des écidies (1) (tableau D).

TABLEAU D

Exemples de tableau récapitulatif des inoculations et de tableau d'évolution des macules écidiennes

Cydonia 1. — Inoculation 1953.

Réf.	Gymnosporangium	Date	Heure	Météo	Nombre de feuilles inoculées			Stade	Observations	Résultats
					gr	conf.	clav.			
F	gracile.....	18 Mars	16	pluie	7			C	2 bouquets	> 0
G	confusum	18 Mars	16	pluie		4		C		> 0
A3	confusum	26 Mars	16	couvert		7		C		< 0
Q2	clavariaeforme.	1 Avril	9	couvert			8	D	2 F. non épanouies	> 0

Cydonia 1. — Évolution de macules écidiennes.

Relevé	Inoculations			S		Début de tumeur		Pointement du Psp.-		Ecidie mûre	Observations
	n°	Date									
5A	Q2	1 Avril	12	13 Avril	14	27 Avril	10	7 Mai	5	12 Mai	2 feuilles jeunes Récolté 15 Mai
8A	A3	8 Avril	16	24 Avril	5	29 Avril	11	10 Mai	5	15 Mai	2 feuilles. Récolté 15 Mai

(1) Nous avions établi ces tableaux d'évolution comparables à ceux de DODGE (1915) avant d'avoir en main les travaux de cet auteur.

De ces observations nous avons tiré des courbes représentant l'évolution des macules (tableau E).

Une caissette en bois avec couvercle (pour préserver le matériel de la pluie), complètera l'équipement nécessaire aux inoculations.

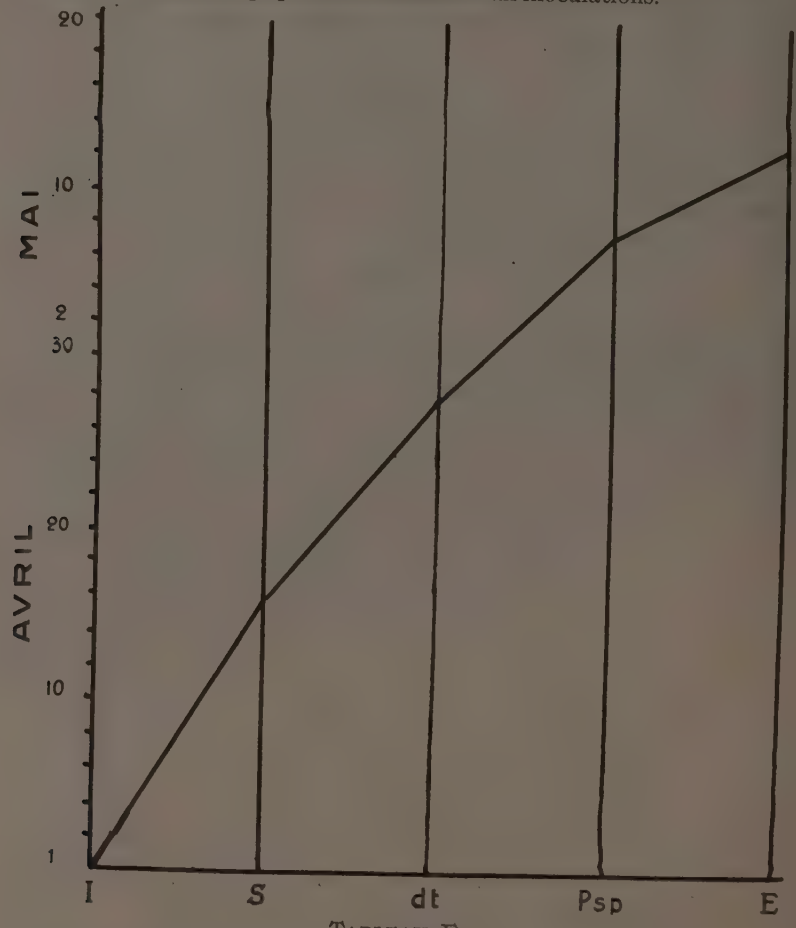


TABLEAU E

Exemple de courbe d'évolution de macule écidienne

En abscisse : les différentes phases de l'évolution des macules écidiennes : I, Inoculation ; S, spermogonies ; dt, début de tumeur ; Psp, Pseudopéridium ; E, émission des écidiospores

2. — Technique

Voici l'exposé de la technique que nous avons utilisée. Équipé de tout le matériel que nous venons de décrire, il s'agit de choisir le moment favorable : par temps pluvieux, aucune hésitation ; il suffit d'éviter les

grosses averses qui lavent les feuilles ; par temps sub-pluvieux (soit après, soit avant la pluie) il est préférable d'expérimenter vers la fin de la journée (évaporation moins forte, humidité nocturne). Dans ce dernier cas il est nécessaire de pulvériser de l'eau de pluie sur les feuilles à inoculer.

On choisit le bouquet de feuilles ou l'extrémité de rameau qui semble le plus favorable par le nombre de feuilles d'âges différents ; on place l'étiquette annotée avant d'inoculer car il arrive que l'on casse les jeunes rameaux ou les feuilles en la plaçant. On étale l'inoculum (dont le pour cent de germination a été contrôlé), et on note cette opération sur les fiches.

La succession des inoculations est rapide et on arrive à inoculer 220 à 250 feuilles à l'heure, ce qui pour une campagne qui dure environ un mois peut nous faire un total d'environ 5 000 feuilles (5 599 par ex. en 1953), étant entendu que le climat est le seul régulateur des périodes d'inoculation en plein air, conditions dans lesquelles nous avons seulement pu travailler.

Lorsque nous avons réalisé des inoculations sur du matériel en pot, forcé en serre, après l'inoculation, par temps pluvieux, nous avons sorti ces individus afin qu'ils bénéficient de l'humidité naturelle, n'ayant pu réaliser un milieu artificiel convenable. Cela a facilité la pénétration du champignon. Rentrés en serre quelques heures après nous avons pu constater que chez ces individus la durée de l'incubation se trouvait ainsi raccourcie (la température plus élevée de la serre a vraisemblablement provoqué ce développement plus rapide).

Certitudes dans les inoculations

On pourra contester nos expériences et nous demander de prouver la confiance que nous avons dans nos inoculations faites en plein air, sans aucune protection. Nous répondrons en comparant les deux feuilles (fig. 3), l'une, inoculée par nous, présente une multitude de macules portant des pycnides et donc provenant de plusieurs points de pénétration que l'on ne peut concevoir que par un apport massif jamais observé dans la nature, même dans des cas de contiguité des hôtes ; l'autre présente une seule macule avec un petit nombre de pycnides ; cette dernière feuille n'a pas été inoculée par nous et seule une infection naturelle a pu avoir lieu.

Une telle distinction nous permet de dire avec certitude si nos inoculations ont été positives ou non ; la durée de l'incubation est également un test : une incubation supérieure à 25 jours peut être considérée comme étrangère à l'inoculation. Enfin, nous inoculons toujours un bouquet de feuilles, et la réponse à l'inoculation a lieu sur plusieurs feuilles simultanément.

L'inoculation-retour (Rosacées → Genévriers) donnerait aussi des indications, mais outre qu'elle est difficile à réaliser (nous n'en avons pas réussi à ce jour) elle est longue : la fructification du parasite n'intervient généralement sur le Genévrier que la deuxième année après l'inoculation.

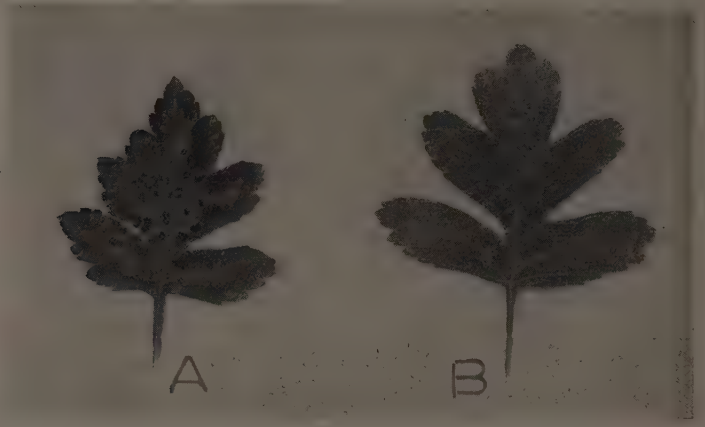


Fig. 3. — A. Feuille de *Crataegus monogyna* inoculée artificiellement avec *G. confusum*.
B. Feuille de *Crataegus monogyna* présentant une seule macule provenant d'une inoculation naturelle.

***

En résumé :

1° Le travail est long parce qu'il nécessite une prospection pendant une courte période de l'année, ce qui oblige à reprendre plusieurs années de suite les observations. (En ce qui nous concerne nous poursuivons nos observations depuis 1944.)

2° Le travail est pénible, car la prospection des Genévriers a lieu en plein hiver et de préférence sous la pluie (distinction morphologique des sores gélatineux).

3° Le travail est encore long parce qu'il nécessite une série d'inoculations tributaires des conditions atmosphériques. Les résultats de ces inoculations doivent être suivis quotidiennement sur les Rosacées durant les mois d'Avril, Mai et Juin, pour la plupart des espèces et jusqu'en Octobre pour le *G. fuscum* sur Poirier.

3. — Techniques microscopiques

Les observations et mensurations de spores sont faites dans l'eau. L'acide lactique gonfle légèrement les tissus et ainsi les mensurations seraient faussées.

Quant à l'étude microscopique du champignon à l'intérieur des tissus de l'hôte, nous faisons tremper les coupes dans l'eau de Javel, un temps variable (environ 1 h) pour en chasser l'excès d'amidon. Le montage consécutif au bleu coton lactique à chaud permet la coloration du champignon.

L'étude de la cuticule dans le développement des feuilles des Rosacées a été réalisée sur des coupes faites à la main et montées dans le Soudan III lactique. En chauffant les coupes sur lames, la coloration de la cuticule développée est instantanée

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE SPÉCIALE DES ESPÈCES DE GYMNOSPORANGIUM MÉDITERRANÉENS

La première partie de ce mémoire contient les données générales qui doivent nous servir à l'étude spéciale qui en constitue cette deuxième partie.

Cette partie comportera une série de chapitres dont chacun sera réservé à une espèce de *Gymnosporangium*. Nous avons préféré les grouper ainsi dans un ordre systématique de préférence à un ordre biologique, afin de faire ressortir l'unité de chaque espèce, nous réservant de comparer dans les conclusions les différents résultats de nos observations et les caractères distinctifs de chaque espèce.

Plan de l'étude de chaque espèce de Gymnosporangium

Nous avons dans nos prospections et nos expérimentations étudié les diverses espèces de *G.* Nos observations les plus importantes portent cependant sur *G. gracile* de beaucoup le plus mal connu. Aussi le considérons-nous comme un type d'évolution des espèces que nous étudions ici. C'est pourquoi nous nous étendrons davantage sur cette espèce ; au cours des études des autres espèces nous nous y référerons.

Le plan d'étude que nous avons adopté est le suivant :

I. — Historique. Répartition géographique.

II. — Le champignon.
- Nomenclature.
- Cycle connu.
- Cycle établi par nous.

III. — Étude morphologique et biologique.
- A. — Diplonte.
  - 1. — Morphologie et anatomie.
    - *a*) Morphologie du parasite.
    - *b*) Morphologie de l'hôte.
    - *c*) Conséquences anatomiques et physiologiques du complexe.
  - 2. — Biologie.
    - *a*) Conditions générales du développement du parasite.

b) Évolution de l'hôte.
c) Influence de quelques facteurs naturels sur la réalisation du complexe.

B. — Haplonte.

1. — Morphologie et anatomie.
a) Morphologie du parasite.
b) Morphologie de l'hôte.
c) Conséquences anatomiques et physiologiques du complexe.

2. — Biologie.
a) Conditions générales du développement du parasite.
b) Évolution de l'hôte.
c) Influence de quelques facteurs naturels sur la réalisation du complexe.

IV. — Conclusions.

Nous avons adopté un tel plan parce qu'il correspond, à notre avis, à une étude logique du parasite et de ses conséquences. Nous étudions d'abord le stade télien en effet, envisagé de cette manière au cours d'une même année météorologique (1), on voit se développer tous les stades. De plus, le diplonte est perenne sur les Genévriers et produit plusieurs années de suite, au début du printemps, des spores à partir desquelles se fait l'infection sur les Rosacées.

L'haplonte au contraire, est annuel, quelle que soit sa position sur la plante (feuille, tige ou fruit) et l'infection des Rosacées par les basidiospores doit avoir lieu obligatoirement chaque année. Or l'haplonte commence à la basidiospore qui a son origine sur le téliosore ; cela est encore en faveur d'un tel plan d'étude.

Envisagé dans ce sens, le cycle peut être étudié en quelques mois. Au contraire, si nous avions d'abord étudié le stade écidien nous aurions été obligé d'attendre la deuxième année après celle de l'infection, pour voir apparaître les symptômes de maladie sur l'hôte télien. Il est enfin plus aisé de réaliser les infections et par suite de suivre le cycle dans le sens Genévrier-Rosacée que dans le sens inverse.

(1) CHAPTAL (1923) propose comme durée de l'année météorologique : 1er décembre au 30 novembre. Nous nous rallions à cette division en raison des relations étroites qui existent avec l'évolution des *Gymnosporangium* dont l'activité débute en décembre.

CHAPITRE PREMIER

GYMNOSPORANGIUM GRACILE Pat.

Le *G. gracile* a été peu étudié, vraisemblablement en raison de l'extension limitée de son hôte télien : *Juniperus oxycedrus*. La biologie de cette Urédinée est mal connue et la plupart des descriptions antérieures manquent de précisions au point qu'il y a eu des confusions (avec *G. clavariaeforme*, en particulier).

Nous avons étudié cette espèce et réalisé expérimentalement des inoculations sur diverses Pomacées, apportant ainsi un certain nombre de précisions et confirmations sur la biologie et la morphologie de ce parasite. Nous relaterons cette étude selon le plan que nous avons établi dans les pages précédentes.

I. — HISTORIQUE

Le *G. gracile* a été décrit par PATOUILLARD en 1902 en Afrique du Nord sur le *Juniperus oxycedrus* L. ; il provoque sur cet hôte des déformations caractéristiques que l'on dénomme *Balais de sorcière*. Cet aspect seul, et l'hôte télien de ce champignon permettent de le distinguer des autres espèces européennes (1) et G. PATOUILLARD a remarqué la répartition des sores sur toute la longueur des rameaux du balai. Il a également observé l'existence de deux types de spores : spores allongées à membrane mince, spores courtes à membrane épaisse. Il n'a pas réalisé d'inoculations expérimentales sur des Rosacées, se bornant à soupçonner la possibilité de l'existence du stade écidien sur *Crataegus oxyacantha*. Il a également constaté l'affinité de cette espèce avec *G. clavariaeforme* par les téliospores, mais l'en distingue par la disposition et la forme des sores.

MAIRE, DUMEE et LUTZ (1903) le signalent en Corse.

P. A. et D. SACCARDO (1905) transcrivent la diagnose de PATOUILLARD.

MAIRE (1905, 1908) étudie la formation des téliosores et la localisation du mycelium à l'intérieur des tissus. Il essaie en outre d'inoculer différentes Rosacées (*Crataegus monogyna*, *Mespilus germanica*, *Coto-*

(1) En Amérique d'autres espèces de *Gymnosporangium* provoquent aussi sous leur phase télienne des balais de sorcière sur divers *Juniperus* :

G. nidus-avis Thaxt. sur *J. virginiana* L.
G. Kernianum Bethel — *J. utahensis* (Engelm.) Lemm.
G. juvenescens Kern — *J. virginiana* L.
J. scopulorum Sarg.
G. Nelsoni Arth. — *J. monosperma* (Engelm.) Sarg.
J. scopulorum Sarg.

Par contre, une espèce récemment décrite par LONG et GOODDING (1939) : *G. vauqueliniae* provoque à son stade écidien des balais de sorcière sur *Vauquelinia californica* Sarg. (Rosacée sempervirente). Le stade télien provoque aussi une prolifération sur les rameaux de *J. monosperma*. Les auteurs ne précisent pas s'il y a perennité du mycelium écidien ou si le balai de sorcière meurt chaque année.

neaster vulgaris) mais n'a obtenu aucun résultat positif. Il signale enfin l'existence de balais de sorcière sur *J. oxycedrus* en Algérie et en Corse.

HARIOT (1908) met, avec doute, *G. oxycedri* Bres. en synonyme de *G. gracile* Pat. ARNAUD (1923) rectifie cette erreur et considère ces deux espèces comme nettement distinctes.

TROTTER (1908) ne fait que reproduire les descriptions classiques ; il ne signale pas ce parasite en Italie où il existe vraisemblablement.

KERN (1911) le met en synonyme de *G. clavariaeforme*. P. et H. SYDOW (1912) font de même.

JAAP (1916) fait état d'une opinion de BRESADOLA selon laquelle le *G. oxycedri* n'est pas une espèce différente de *G. gracile*.

MAIRE (1917) sépare nettement les deux espèces *G. gracile* et *G. clavariaeforme* grâce à la formation du balai de sorcière par la première. Cette distinction sera adoptée plus tard par Ed. FISCHER qui fera ressortir d'autres différences, en particulier, en ce qui concerne le stade écidien : morphologie des cellules du pseudopéridium. Nous y reviendrons plus loin. MAIRE signale ce *G.* très répandu dans l'Atlas.

G. et Mad. ARNAUD (1923) trouvent cette espèce très abondante dans le Gard. Ils signalent l'ignorance du stade écidien. Ces auteurs ont aussi remarqué la présence sur le même pied de Genévrier oxycèdre de plusieurs espèces de *G.*

GONZALEZ FRAGOSO (1924) suppose son existence en Espagne et donne seulement les dimensions des téliospores ; quant à l'hôte écidien il se réfère à PATOUILLARD (*Cr. oxyacantha*) et à MAIRE (*Cr. monogyna*).

Ed. FISCHER (1927, 1929, 1930) distingue le *G. gracile* par le balai de sorcière et par les sores plus courts et plus minces que chez *G. clavariaeforme*. Il a réalisé des infections positives, sur *Cr. oxyacantha* et sur *Cydonia maliformis*, qui lui ont permis de voir un « péridium » semblable à celui de *G. clavariaeforme*, avec cependant des cellules péridiales moins aiguës que dans cette dernière espèce. En ce qui concerne les téliospores, alors que la plupart des auteurs se référant à la diagnose originale signalent une ou deux cloisons, FISCHER (1930) signale ne pas avoir vu deux cloisons. Pour notre part, au cours de nos très nombreuses observations microscopiques nous n'avons rencontré qu'une seule téliospore munie de deux cloisons. Les études de FISCHER ont été faites en Suisse d'après des récoltes qu'il avait faites à Carqueiranne (Var).

MARESQUELLE (1930) fait une étude anatomique du balai de sorcière. Nous y reviendrons. Ses prospections localisent l'aire d'extension de ce parasite dans le Midi de la France, en particulier : Gard, Vallée du Vidourle ; Hérault à Ganges.

Dans une note de vulgarisation, GUYOT (1931) attire l'attention sur les balais de sorcière formés de « branches serrées en touffe dense » d'après PATOUILLARD.

G. et Mad. ARNAUD (1931) se basant sur les travaux de FISCHER signalent l'infection possible mais irrégulière du Cognassier et de l'Aubépine. Leur traité de Pathologie végétale est illustré de photographies de balais de sorcière prises à Cavillargues (Gard).

GONCALVES da CUNHA (1936) dans sa liste des Urédinées du Portugal ne cite pas *G. gracile*.

CROWELL (1940) considère qu'il existe, en plus des espèces spéciales à chaque continent, trois « espèces tricontinentales » de Gymnosporangium : *G. aurantiacum* Chev, *G. juniperinum* (L.) Mart., *G. clavariaeforme* (Jacq.) DC. Cette dernière grande espèce englobe selon cet auteur : *G. gracile* Pat., *G. oxycedri* Bres., et *G. orientale* Syd. L'extension de cette grande espèce porte sur les trois continents (Amérique, Asie et Europe-Afrique du Nord). Nous pensons cependant qu'il faut y voir plusieurs espèces distinctes ; en effet *G. gracile* a, à notre connaissance, une répartition limitée à l'aire du *Juniperus oxycedrus*, elle-même limitée à la zone méditerranéenne. Or, cette extension ne ressort pas de la carte de CROWELL sur la répartition de *G. clavariaeforme*.

VIENNOT-BOURGIN (1949) donne la description classique et groupe les stations où le parasite a été recensé : sud-est de la France, Antibes, Corse, environs de Nîmes d'après PATOUILLARD. Au sujet du stade écidien, il écrit : « On n'est pas encore nettement fixé à son sujet. » Il entrevoit la possibilité de son existence sur *Crataegus oxyacantha* d'après PATOUILLARD, sur *Cr. monogyna* d'après MAIRE et sur *Cydonia* d'après FISCHER.

Enfin L. ROGER (1953) estime la durée du balai de sorcière à 4-5 ans et localise le parasite en Afrique du Nord et dans le Midi de la France.

T. SAVULESCU (1953), SOUSA da CAMARA (*in litt.* 1954) et J. de URRIES (*in litt.* 1954) ne signalent pas son existence en Roumanie, Portugal et Espagne.

Répartition

Comme on le voit, les auteurs qui ont étudié ce champignon sont peu nombreux et les prospections sont rares. On retrouve les indications de stations d'Afrique du Nord, de Corse et du sud-est de la France (fig 5).

Les détails manquent. Il n'en reste pas moins que nous avons affaire ici à un parasite strictement méditerranéen et peut-être même méditerranéen occidental (fig. 4), c'est ce que nous pouvons affirmer en l'état actuel de nos connaissances.

MAYOR (1949) cite les balais de sorcière dans les environs de Montpellier d'après ses récoltes de 1929.

Nous avons trouvé *G. gracile* en grande abondance dans les environs de Montpellier. C'est en se basant sur nos observations que KUHNHOLTZ-LORDAT le cite dans sa « Flore des environs de Montpellier » (1948).

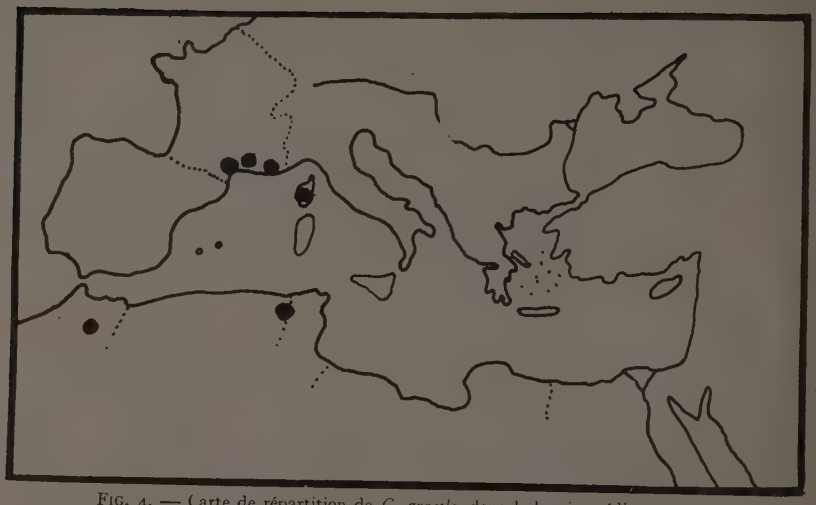


FIG. 4. — Carte de répartition de *G. gracile.* dans le bassin méditerranéen.

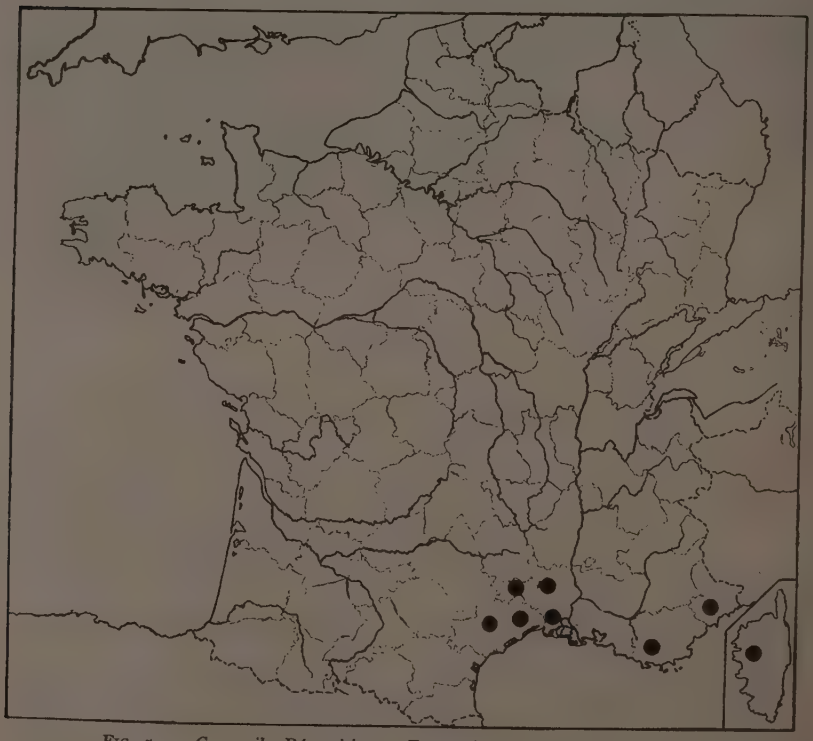


FIG. 5. — *G. gracile.* Répartition en France dans le Midi méditerranéen.

Influence de l'homme sur la distribution géographique

Un peuplement dense de *Juniperus oxycedrus* à Langlade (Gard) nous a montré (Janvier 1953) très peu de balais de sorcière. Il s'agit d'un peuplement important de Genévriers âgés (hauts de 5 m) installés sur une ancienne vigne (Cadastre de 1835) et vigne jusqu'en 1875 (Phylloxera). La parcelle a une superficie de 10 à 12 ha ; elle est peuplée de Chênes verts (*Quercus ilex*) aussi élevés ou même plus élevés que les Genévriers et de Pins d'Alep dont la cime dépasse l'ensemble. Cette parcelle, difficilement pénétrable (quelques sentiers de chasseurs), abandonnée à elle-même (non exploitée) se trouve éloignée de 2 km de Langlade et de 1 km de Caveirac. Les cultures les plus proches sont à 1 km. C'est seulement en ces points-là que l'on peut rencontrer des Rosacées en relation pathologique avec les Genévriers. La distance séparant les deux hôtes et les difficultés de pénétration du massif de Genévriers expliquent l'absence de balai de sorcière. Les rares balais (2 ou 3 sur toute la parcelle) relevés dans ce peuplement se maintiennent mais n'interviennent pas dans la propagation de la maladie.

Un autre exemple est fourni par le relevé cadastral (1/1 250) que nous avons fait du bois de Fontfroide-le-Haut à 7 km au nord de Montpellier (fig. 2 bis). Nous avons relevé les divers Genévriers et leurs parasites ; nous avons pu constater la prédominance du *G. gracile* dans le voisinage des Aubépines et Cognassiers formant des haies de vignes le long de la route.

Ces deux exemples illustrent bien le rôle de l'homme dans la propagation des maladies et dans le maintien des foyers (maintien au-delà de la durée d'un balai de sorcière, perenne, par réinfestation de Genévriers par les écidiospores formées sur les Rosacées).

II. — LE CHAMPIGNON

A. — Synonymie

Ainsi que nous l'avons déjà dit dans l'historique de cette espèce, *G. gracile* a été décrit par PATOUILLARD en 1902. A partir de cette description aucune dénomination nouvelle n'a été attribuée à cette espèce par ceux qui l'ont étudiée. Les synonymies qui avaient été vues par divers auteurs se sont révélées fausses : ainsi HARIOT (1908) avait mis en synonymie (avec doute d'ailleurs) *G. oxycedri* Bres. KERN (1911) et JAAP (1916) avaient également fait ce rapprochement. G. et Mad. ARNAUD ont rectifié cette erreur en 1923.

P. et H. Sydow (1912) avaient mis *G. gracile* en synonymie de *G. clavariaeforme* (Jacq.) Reess.

Maire (1917) fait la distinction entre ces deux espèces ; cette distinction basée en particulier sur la formation du balai de sorcière par *G. gracile* est aujourd'hui adoptée par tous.

Le binome s'établit donc ainsi :

Gymnosporangium gracile Pat. 1902.

B. — Cycle

G. gracile attaque le *Juniperus oxycedrus* L. et *J. macrocarpa* Sibth. et Sm. (sous-espèce de *J. oxycedrus*) (1) sur lesquels il provoque des balais de sorcière perennes qui portent en février les téliosores constitués par les téliospores qui donnent les basidiospores au mois de Mars. Celles-ci infectent les Pomacées sur lesquelles apparaissent les spermogonies puis les écidies qui produisent les écidiospores qui à leur tour infecteront les Genévriers. Ce cycle de la téliospore à l'écidiospore, est très rapide. C'est un des plus courts parmi ceux des *G.* de notre région.

Nous résumons ci-dessous les différentes tentatives réalisées pour l'établissement du cycle de *G. gracile* par les différents auteurs et par nous-même :

J. oxycedrus L.	Crataegus oxyacantha (*sic*)	? (sic)	Patouillard 1902
	Cr. monogyna (*sic*)	< o	Maire 1905-1906
	Mespilus germanica (*sic*)	< o	
	Cotoneaster vulgaris (*sic*)	< o	
	Cr. oxyacantha s. l.	> o	Fischer 1927-1930
	Cydonia maliformis (*sic*)	> o	
	Cr. monogyna	> o	Maire et Werner 1937
	Cr. monogyna Jacq.	> o	
	Cydonia { maliformis Miller, lusitanica Tourn, oblonga Miller }	> o	
	Amelanchier ovalis Med.	> o ? (1)	
	Cr. ruscinonensis Gr. et Bl	< o	
	Pyrus amygdaliformis Vill.	< o	
	Pyrus communis L.	< o	
	Pyrus malus L.	< o	
	Sorbus domestica L.	< o	

(1) Sur Amelanchier, nous avons obtenu exceptionnellement la formation de spermogonies, mais les écidies ne sont jamais arrivées à se développer malgré les mélanges de nectar que nous avons pu opérer.

(1) Jorstad, 1943.

III. — ÉTUDE MORPHOLOGIQUE ET BIOLOGIQUE

A. — DIPLONTE

Nous comprenons ici l'ensemble des phénomènes qui accompagnent la production des téliospores, leur maturation et leur germination en basidiospores jusqu'à la libération de celles-ci. Nous conservons les basidiospores dans ce paragraphe, bien qu'elles fassent partie de l'haplonte,

FIG. 6. — Un jeune pied de *J. oxycedrus* entièrement déformé par *G. gracile*.

en raison de leur production sur l'hôte télien. Nous donnerons d'abord une description de ce stade de ce champignon ainsi que de ses répercussions anatomiques et physiologiques sur l'hôte. Ensuite nous étudierons les conditions de développement du parasite dans ses rapports avec l'hôte d'une part, avec le milieu d'autre part.

Seuls le *Juniperus oxycedrus* et sa variété *macrocarpa* sont à notre connaissance porteurs de la phase télienne du *G. gracile*. L'action du

parasite se traduit par la formation d'un balai de sorcière. Cette déformation caractéristique est perenne ; elle est visible de loin même en dehors de la période de sporulation (fig. 6), contrairement aux déformations provoquées par les autres *G.* de la région méditerranéenne.

FIG. 7. — Sores non gonflés sur un rameau de balai de sorcière.

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

1° SORES. — Sur toute la longueur des rameaux du balai de sorcière apparaissent au début du printemps des sores de 3-4 × 0,7-1 mm de couleur orangée (fig. 7). Sous la pluie ces sores (téliosores ou clavules) gonflent et atteignent : 8-12 × 2-3 mm.

2° SPORES. — Bicellulaires, on en distingue morphologiquement deux types (fig. 8-10).

— Téliospores à membrane épaisse colorée ;

— Téliospores à paroi mince incolore.

Tous les auteurs qui ont étudié ce *G.* n'attachent pas d'importance

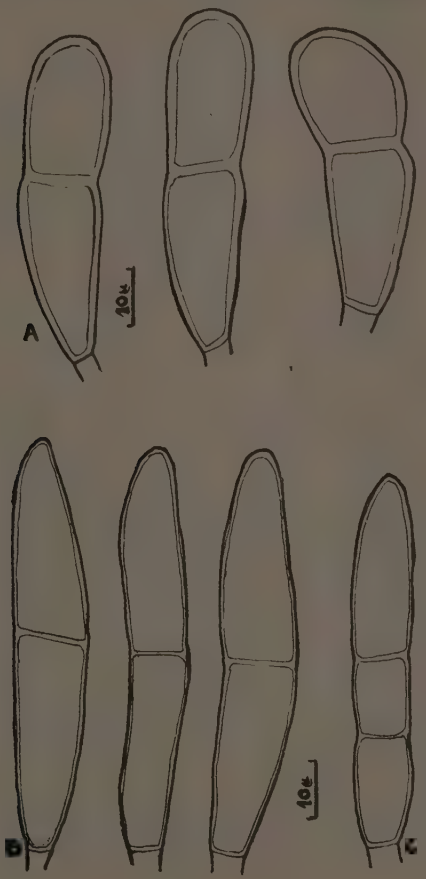


FIG. 8. — *G. gracile.*
A. — Téliospores à membrane épaisse.
B. — Téliospores à membrane mince.
C. — Une téliospore à 2 cloisons.

à ces deux types de spores que l'on retrouve avec des caractères plus tranchés chez les autres espèces que nous étudierons par la suite. Cependant, PATOUILLARD (1902) a décrit ces deux types nettement différents par leur forme et leur position dans le sore. TROTTER (1908) fait la distinction entre les deux types par les dimensions. G. FRAGOSO donne éga-

lement les deux types de spores ; quant à FISCHER (1930) il cite le type allongé dont il donne les mensurations et « un autre type arrondi ».

Les spores à paroi colorée, que pour d'autres espèces nous qualifions

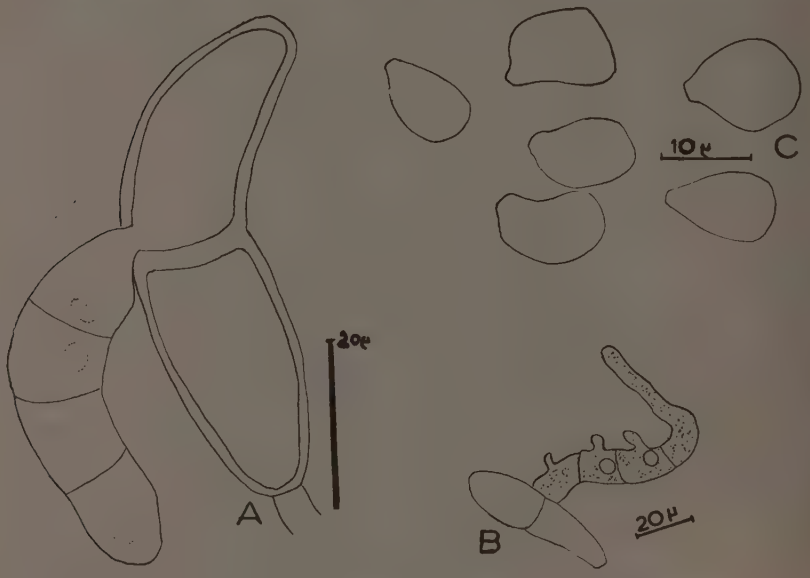


FIG. 9. — *G. gracile*. — A, B : Germination de téleutospores. — C : Basidiospores.

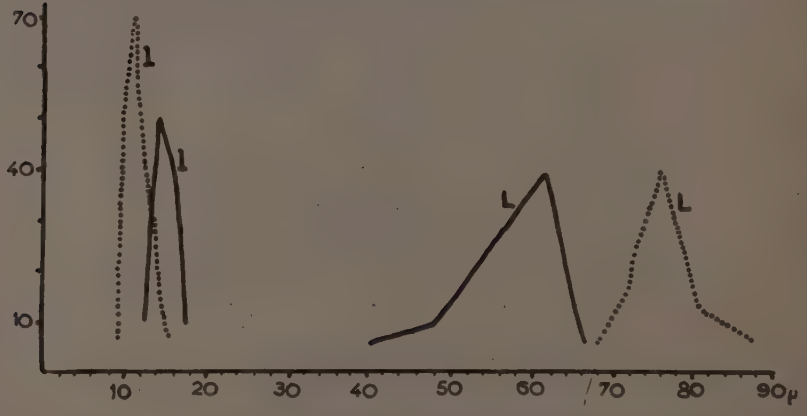


FIG. 10. — *G. gracile*. — Dimensions comparées des longueurs (L) et largeurs (l) des deux types de téliospores. — *en trait plein* : spores trapues ; *en pointillé* : spores incolores.

de trapues en raison de leur forme presque isodiamétrique, ont, en ce qui concerne *G. gracile* leur cellule supérieure arrondie, plus petite que la cellule inférieure.

Par exemple : longueur cellule supérieure 22,4 — 25,2 — 25,2 μ;
longueur cellule inférieure 28 — 34 — 36 μ.

Au contraire, les spores à paroi mince incolore ont leurs deux cellules identiques et symétriques par rapport à la cloison médiane ; elles sont fusiformes.

Dimensions des spores

— Spores à membrane colorée :

$$47 - 64 \times \frac{13 - 16{,}5 \text{ (cell. sup.)}}{11{,}2 - 14 \text{ (cell. inf.)}} \text{ (moy. } 58 \times 15) \ \mu$$

membrane 2,5 — 2,8 μ, brun clair.

Pédicelle hyalin très long jusqu'à 250 × 5,6 μ.

Rétrécissement au niveau de la cloison : 12,6 μ.

Deux pores par cellule au voisinage de la cloison.

— Spores à membrane incolore :

72-86 (→ 90) × 11,2-15 μ.

Les deux cellules sont identiques et symétriques.

Membrane 1,2-1,5 μ, hyaline.

Pédicelle hyalin très long avec une lumière de 16 μ à la base.

Pas de rétrécissement au niveau de la cloison.

Deux pores par cellule au voisinage de la cloison.

Kienitz-Gerloff (1888) a étudié chez *G. clavariaeforme* ces deux types de spores ; il attribuait aux spores allongées fusiformes le rôle d'urédospores en raison du mode de germination. Richards (1889) a montré que les différences de mode de germination vues par Kienitz-Gerloff provenaient seulement des méthodes utilisées (dans un excès d'eau les spores germent par un filament très long).

D'autre part, ainsi que nous l'avons dit, la plupart des auteurs signalent une ou deux cloisons aux téleutospores. Fischer (1930) n'a jamais vu deux cloisons ; nous n'avons rencontré qu'une seule spore présentant deux cloisons.

Baside et Basidiospore (fig. 9). Les téliospores germent dans la masse gélatineuse dans des conditions que nous étudierons plus loin. Chaque cellule donne un *promycelium* ou baside qui mesure en moyenne 36 × 7 μ. La baside, à son tour, se divise en quatre cellules qui forment chacune un stérigmate (4-5 μ) portant une basidiospore : 10-12 × 7-8 μ.

Les basidiospores, unicellulaires, réniformes ont une membrane très mince. Elles sont munies d'un petit bec.

b) Morphologie de l'hôte

Dans notre région, *Juniperus oxycedrus* L. (genévrier oxycèdre ou Cade) a presque toujours la taille d'un arbrisseau ; quelques exemplaires isolés

et préservés (bord de parcelles cultivées) atteignent 4-5 mètres de haut. Lorsqu'ils atteignent une telle hauteur, leur feuillage est très clair. Les feuilles sont étalées, verticillées par trois, linéaires, à pointe fine et piquante, portant deux bandes blanchâtres en dessus. Le fruit est brun rouge, luisant.

C'est un arbre dioique ; nous avons cherché s'il existait une relation entre le sexe et le parasitisme des *G.* En ce qui concerne *G. gracile* nous avons par exemple vu un pied mâle indemne voisiner un pied femelle couvert de balais de sorcière. Nous avons rencontré ailleurs de nombreux pieds mâles porteurs de ces déformations.

Nous n'entrons pas dans le détail des variétés. En effet, du point de vue pathologique nous n'avons observé aucune différence.

c) Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du complexe hôte-parasite

1° Morphologie. — Le parasitisme du champignon provoque sur le Genévrier un balai de sorcière formé par une exubérance des ramifications.

Maire (1906) pense que le mycélium a une action stimulante sur les bourgeons et amène un accroissement en longueur des rameaux, mais non leur épaississement.

Dans son étude morphologique Maresquelle (1930) décrit le balai de sorcière comme une boule compacte, formée par les rameaux enchevêtrés, non pénétrée par la lumière. Sa position sur l'arbre est quelconque et parfois la déformation peut intéresser l'arbre tout entier. Les rameaux du centre et leurs feuilles meurent et s'accumulent sur place, La croissance du balai de sorcière se fait par la périphérie où les jeunes ramifications dépourvues de tropismes forment un chevelu. Les rameaux sont plus ou moins réguliers et contournés. Quant aux feuilles elles ne sont pas modifiées dans leur forme ni dans leur insertion.

Morphologiquement, les rameaux du balai de sorcière ne sont pas hypertrophiés (contrairement aux déformations causées par d'autres *G.*).

En résumé Maresquelle considère le balai de sorcière comme dû à un excès de ramification ou polycladie causée par la présence du mycélium, ces ramifications se dirigeant toutes vers le haut à partir d'un certain âge.

Nous avons, pour notre part, repris les observations de Maresquelle. Nous ne pouvons que les confirmer. Cependant, partant de ces observations, nous apportons quelques détails complémentaires.

Le balai de sorcière a généralement des dimensions moyennes de 20-60 cm de diamètre. Cependant sur certains sujets âgés, nous en avons vu qui atteignaient 1 m de diamètre (fig. 11).

Les rameaux du balai de sorcière ont des ramifications abondantes. Il y a une excitation des bourgeons adventifs sous l'influence du mycélium. La figure 12 représente un rameau sain ne portant qu'une seule ramification et un rameau extrait d'un balai de sorcière présentant à chaque nœud au moins un bourgeon adventif développé. Le résultat est une prolifération des ramifications qui donne l'aspect général, compact, touffu à la déformation.

FIG. 11. — *G. gracile.* — Balai de sorcière de 1 m de diamètre.

Ce sont là les caractères généraux des balais de sorcière.

La position de ces déformations est quelconque : tronc, rameaux latéraux, branches terminales. Lorsque l'infection a lieu sur un jeune sujet celui-ci peut être entièrement transformé en une boule.

L'orientation des rameaux du balai de sorcière est constante. En effet, quelle que soit l'orientation du rameau de base, les éléments du balai sont sensiblement verticaux : ainsi une branche faisant un angle

d'environ 15° avec l'horizontale, se redresse brusquement à son extrémité, déformée par *G. gracile* (fig. 14-15-16).

Nous avons aussi observé un rameau horizontal dont les ramifications parasitées étaient espacées et dressées, présentant une mort basifuge (fig. 13-15-16). Bien que le rameau horizontal ne porte plus de sores le mycélium y existe, mais la partie active s'est déplacée vers les extrémités des rameaux. Les sores d'ailleurs se produisent sur les parties les

FIG. 12. — A *gauche* : un rameau sain ; *à droite* : un rameau prélevé sur un balai de sorcière. Les deux rameaux ont été prélevés sur le même pied. Ils ont le même âge. On notera la dénudation du rameau du balai (partie âgée de 3 ans). Les bourgeons adventifs se sont développés sur le rameau de 2 ans. Sur le rameau sain, seul un bourgeon adventif s'est développé. Les feuilles se sont, de plus, conservées plus longtemps sur ce rameau (3-4 ans).

plus jeunes (vivantes) moins subérisées (suber naturel de l'aoûtement, ou suber d'origine parasitaire consécutif à la chute des sores).

Les rameaux supplémentaires qui se forment sur les branches ont leur point de départ au voisinage les uns des autres. C'est cet excès de ramifications qui forme plusieurs souches qui a fait qualifier de polystype ce balai de sorcière par opposition au balai de sorcière monostype formé par une seule souche (*Melampsorella caryophyllacearum* (DC.) Schr.) (MARESQUELLE).

La base, sur laquelle prennent naissance les nombreuses ramifications qui constituent le balai de sorcière, est hypertrophiée (fig. 15). Au-delà de ce point le diamètre du rameau est normal.

Le nombre des rameaux qui constituent la touffe du balai de sorcière

rend cette masse opaque ; bien que la plupart de ces rameaux centraux soient morts, leur accumulation sur place contribue à cette opacité.

Dans notre région, *Juniperus oxycedrus* est spontané ; il ne présente pas d'intérêt au point de vue ornemental et par suite, les déformations causées par *G. gracile* n'ont pas d'importance économique. Il en serait

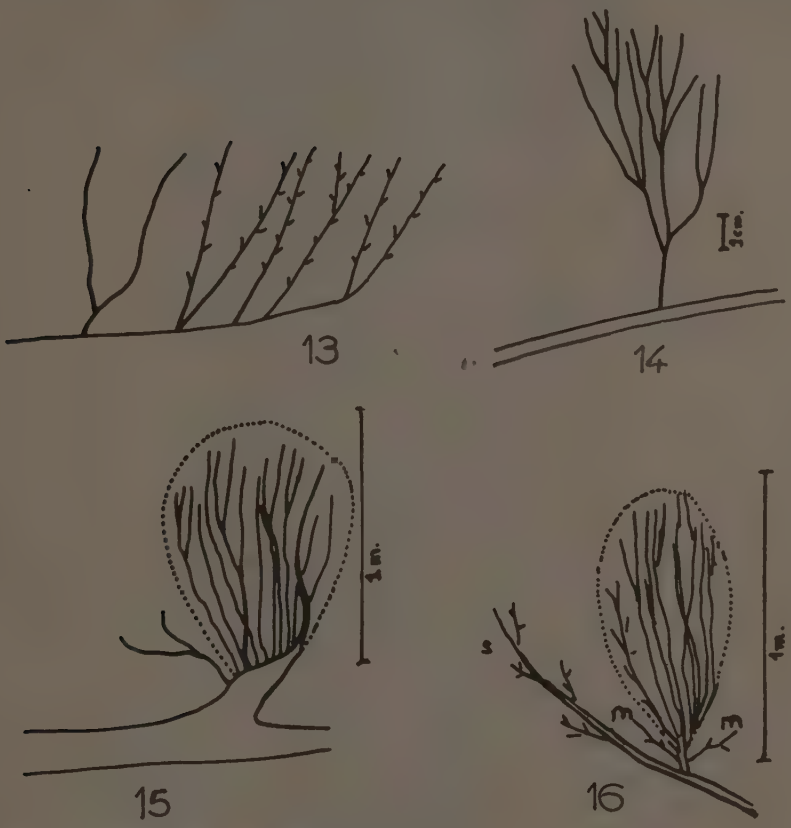


FIG. 13. — Rameau horizontal portant de nombreuses ramifications parasitées par *G. gracile*. Ces ramifications ne forment pas une touffe, mais ont cependant une direction verticale.
FIG. 14. — Rameau parasité dressé perpendiculairement à la branche de départ.
FIG. 15. — Rameau hypertrophié présentant à la base du balai une tuméfaction importante (accumulation de réserves). Rameaux de la base secs.
FIG. 16. — Balai de sorcière latéral sur la branche saine (S). A la base de la déformation, deux rameaux (m) sont morts.

autrement si les balais de sorcière venaient à apparaître dans les régions où ce Genévrier est utilisé comme ornement, les déformations détruisant alors l'intérêt de cette espèce. Nous n'avons pas connaissance que le parasite ait été signalé sur des Oxycèdres ornementaux.

2° Anatomie.

a) *Tige.* — Maire (1906) a étudié l'anatomie des rameaux du balai de sorcière. Le mycélium est selon cet auteur, localisé dans le parenchyme cortical et la partie externe du liber. Il est intercellulaire et constitué de filaments épais, noueux, cloisonnés. Ce mycélium pénètre dans les rayons médullaires jusque dans les régions peu éloignées du bois, mais ne l'atteint pas. Le bois est peu modifié, mais il est moins « exubérant » que dans les rameaux sains. Quant au liber il est peu sclérifié et les fibres péricycliques ne se forment pas ou ont des parois minces. Les éléments du liber ne sont pas hypertrophiés.

Fig. 17. — Suçoir de *G. gracile*.

Pour Maresquelle (1930) les caractères des rameaux du balai de sorcière ne sont pas différents de ceux des rameaux normaux. Extérieurement moins réguliers, ils sont contournés, mais conservent une structure normale sous un aspect plus grêle ; ils sont, de plus, mal aoûtés. Les rayons médullaires importants chez les organes jeunes et sains, se conservent chez les rameaux parasités, alors qu'ils disparaissent normalement chez les organes âgés.

Nous avons repris ces études anatomiques des rameaux parasités en les comparant avec des rameaux sains du même âge. Nos observations portent sur un rameau de 3 ans. Elles nous ont permis de confirmer certains points des études précédentes, mais aussi d'ajouter certains points nouveaux.

Sur des rameaux de l'année et des rameaux de 2 ans, avant l'aoûtement (1), il existe dans le prolongement de chaque feuille un canal résinifère sous-épidermique. L'assise subéreuse corticale fonctionne pour l'aoûtement et rejette ces canaux qui ne persistent que dans les feuilles.

Sur une tige aoûtée on rencontre de l'extérieur vers l'intérieur (fig. 18-19) :

— un liège épais formé d'éléments écrasés en surface et d'éléments em-

(1) Au sens classique du terme.

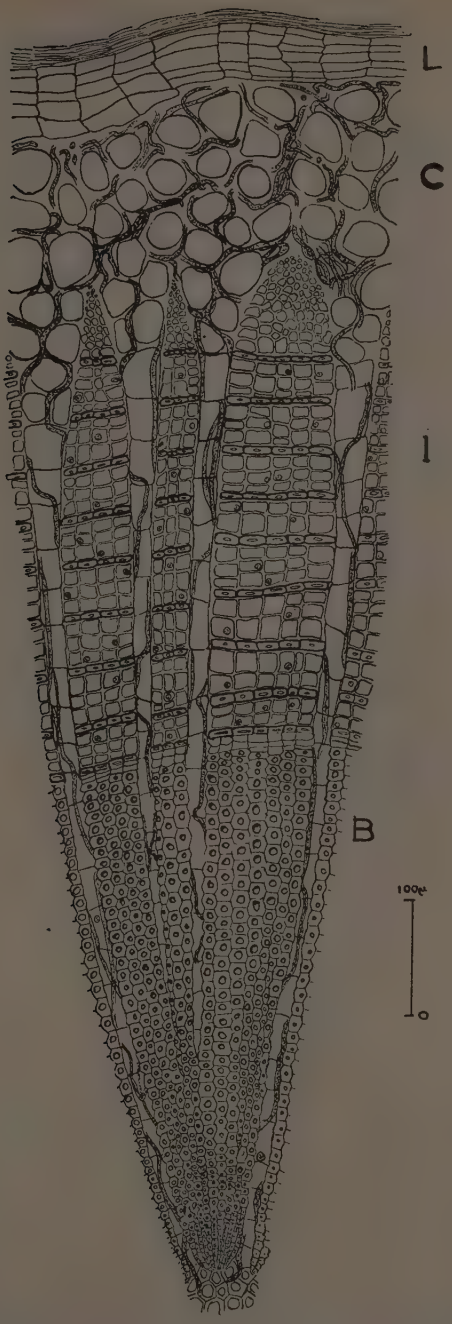


FIG. 18. — *G. gracile*. — Coupe d'une tige de balai de sorcière. — L, liège ; C, collenchyme ; l, liber B, bois. Le collenchyme cortical est désorganisé par le mycelium ; l'endoderme et le péricycle ne sont plus visibles. Les rayons médullaires sont pénétrés par le mycelium. Dans l'ensemble les différents éléments sont réduits.

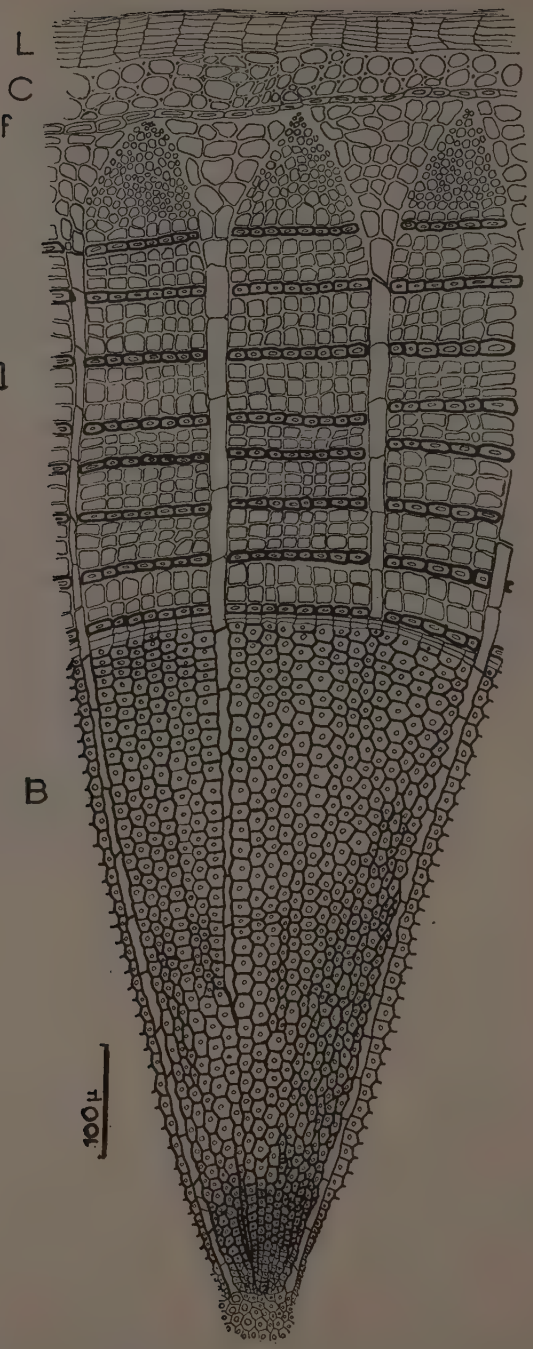


FIG. 19. — *J. oxycedrus*. — Coupe d'un rameau sain du même âge que celui de la figure 18 — L, liège ; C, collenchyme ; f, fibres péricycliques ; l, liber ; B, bois.

pilés sous-jacents. C'est en dessous de ces éléments que se forment les stromas sporifères (fig. 20) qui déchireront ce tissu pour faire la place aux clavules.

— un parenchyme plus ou moins collenchymateux, peu important dans la tige saine. Au contraire, le nombre des cellules est plus grand dans le rameau parasité et les méats inter-cellulaires sont remplis de mycélium qui les dissocie. C'est dans ce tisu que le mycélium s'agglomère au voisinage du liège pour former les stromas sporifères.

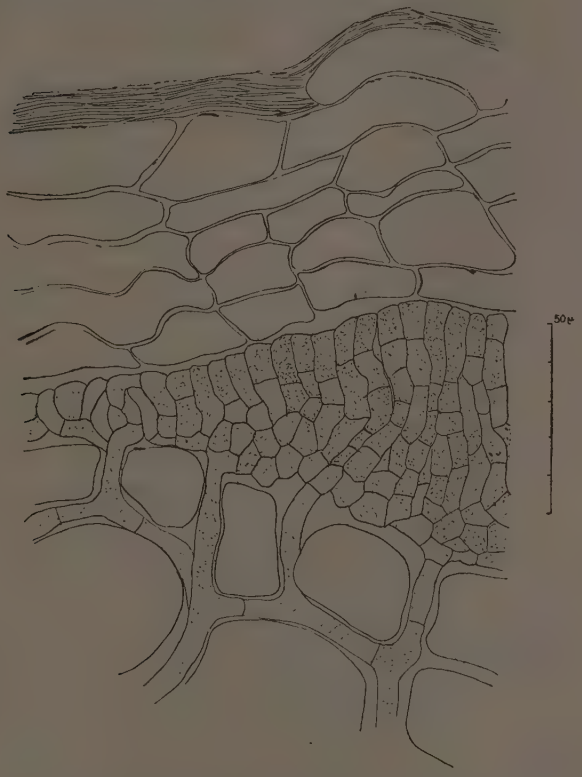


FIG. 20. — *G. gracile*. — 27 février 1953. Formation du stroma. Hyphes parallèles ; début de soulèvement du liège.

— le péricycle formé de fibres en voie de sclérification n'est plus visible dans le rameau parasité. Il y a continuité entre l'écorce et le cylindre central. Le mycélium s'insinue donc entre ces cellules et pénètre dans le parenchyme interfasciculaire et de là dans les rayons médullaires qu'il suit jusqu'à la moelle.

— le liber est formé alternativement d'éléments mous et d'éléments durs. Le mycélium pénètre seulement les cellules molles ; les fibres scléreuses résistent à la pénétration.

— le bois, très compact, n'est pas pénétré par le mycélium. A son voisinage, seuls, les rayons médullaires sont parcourus par le mycelium. Les éléments du bois sont plus réduits en quantité dans l'organe parasité.

— la moelle, en voie de sclérification dans l'organe sain a une structure collenchymateuse dans l'organe parasité. Cette dédifférenciation provoquée par le parasite est à rapprocher de l'attrait des Urédinées pour le collenchyme. Un parasite du groupe des Urédinées pénètre en effet rarement jusque dans la moelle. Le collenchyme est un facteur de susceptibilité aux rouilles. Le sclérenchyme, au contraire, est un facteur de résistivité (HART 1931).

Les observations de PETIT (1939-1940) sur les rouilles des céréales permettent de préciser que la proportion sclérenchyme-collenchyme règle la pénétration du mycélium. En effet, le collenchyme est un tissu aisément dissocié par les enzymes hydrolysantes (produites par un certain nombre de champignons) et qui agissent sur les matières pectiques de la membrane.

Il existe cependant des cas où le mycélium est incapable de pénétrer des piliers de collenchyme. Il est vraisemblable qu'interviennent ici des caractères spécifiques d'une part et des stades de différenciation des tissus d'autre part.

b) *Feuille.* — Elle reste normale dans ses forme et insertion, mais elle est réduite dans sa taille par réduction de tous ses éléments, en taille et en nombre. Elle est d'un vert plus clair que la feuille saine. Nous avons groupé dans le tableau ci-dessous les caractéristiques de ces réductions :

	sur rameau sain	sur balai de sorcière
Dimensions de la feuille	12-15 × 2 mm	8-10 × 1-1,5 mm
Epiderme (cellule)	28 × 21 µ	25 × 18 µ
Cuticule (épaisseur)	8,4 µ	5,5 µ
Hypoderme (cellule)	18,8 µ diam.	11 × 14 µ
Parenchyme assimilateur (cellule)	42 × 21-28 µ	37 × 28 µ
Canal secréteur (diamètre)	84 µ	70-84 µ
Hauteur du faisceau vasculaire	105 µ	84 µ

3° PHYSIOLOGIE

a) *Action sur la floraison.* — Le parasitisme de cette Urédinée entraîne la stérilité des rameaux. Cette observation de MARESQUELLE n'est pas générale ; nous avons, en effet, observé, rarement il est vrai, des balais de sorcière portant des sores (et donc, dont le mycélium était vivant) porter quelques inflorescences mâles émettant du pollen. Par contre nous n'avons pas rencontré de baies sur les balais de sorcière portés par les pieds femelles.

b) *Action sur la végétation.* — Bien que le balai de sorcière corresponde à une exubérance de la végétation, il ne semble pas qu'il tire à lui toute l'alimentation de l'arbuste et qu'il la déséquilibre à son avan-

tage. Les rameaux sains d'un arbuste, porteur de balais, ne se ressentent pas de la présence des balais. L'action du mycélium est localisé à la partie déformée.

L'allongement des rameaux du balai est un peu plus important que celui des rameaux sains. Il est surtout plus précoce (1) : dès Janvier. Les

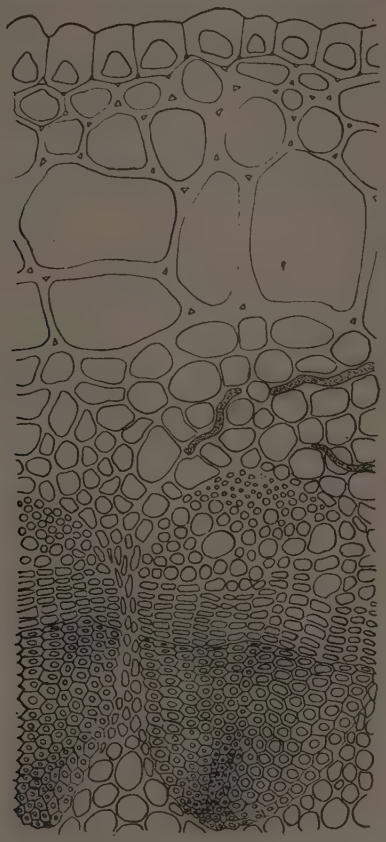


FIG. 21. — *G. gracile*. — Coupe transversale du rameau de l'année d'un balai de sorcière (décembre 1952).
On rencontre dans ce rameau les premiers filaments myceliens.

pousses terminales de l'année ont jusqu'à 11 entrenœuds, en général 8-9 entrenœuds, plus allongés (4-5 mm) sur les rameaux parasités que sur les rameaux sains (3 mm). Les ramifications latérales atteignent rarement plus de 4 entrenœuds par an.

Quant à la période de chute des feuilles sur les rameaux du balai,

(1) Cette observation est un fait général chez les balais de sorcière provoqués par divers champignons. GÄUMANN (1950, p. 459, édit. angl.) signale d'après SCHELLENBERG (1915) une précocité de 2 semaines pour le balai de sorcière du Cerisier (*Taphrina cerasi*).

elle ne se trouve pas modifiée. Elle a toujours lieu, comme sur le rameau sain, à 3-4 ans.

MAIRE (1906) pense que le mycélium a une action stimulante sur les bourgeons, amenant leur accroissement en longueur, mais non leur épaississement.

Pour MARESQUELLE le mycélium s'avance dans les jeunes pousses, mais ne dépasse pas la zone de fructification du champignon ; il manque dans les entrenœuds les plus jeunes.

Nous avons exécuté des coupes transversales dans les entrenœuds de l'année (fig. 21) ; ainsi nous avons pu suivre le mycelium jusque dans le bourgeon terminal. Cependant nous ne l'avons pas vu atteindre les initiales. Ce point nouveau confirme cependant une action à distance du mycelium sur les initiales.

L'action du parasite sur la végétation des Genévriers nous a incité à rechercher si cette action n'avait pas un caractère plus général et ne serait pas le fait d'une hormone polyvalente. Pour cela nous avons réalisé des extraits de rameaux de balais de sorcière et des extraits de rameaux sains de Genévrier oxycèdre, par trempage dans l'eau de pluie, puis broyage. La plante test que nous avons utilisée est l'Avoine noire

TABLEAU F

Action de l'extrait de balai de sorcière sur la germination de l'Avoine.

	En serre				En étuve 20°			
	A	B	C	D	A	B	C	D
7 Février (semis)								
9 Février :								
% de germination	0	0	0	0	2	10	28	36
Longueur racine mm					1	2	3	5
10 Février :								
% de germination	2	4	3	3	72	89	92	67
% de racines 10 mm					3	20	19	36
11 Février :								
% de germination	2	11	10	4				
Longueur 1re feuille					2 cm	3 cm	3 cm	4 cm
% de cette longueur					65	62	65	70
24 Février :								
Longueur 1re feuille cm	5	6	6	7				
Longueur 2e feuille cm					6	6	6	6
6 Mars :								
Longueur 2e feuille cm	5	5,5	5,5	6				
9 Mars :								
Longueur 2e feuille cm	6	6	6	6				
Longueur 3e feuille cm	1	1	1	0				

Les essais ont été faits dans des cristallisoirs dont le fond était recouvert de papier buvard. Les différents lots étaient les suivants :

A. — témoin (eau de pluie) .
B. — extrait de tige saine de Genévrier.
C. — extrait de tige et feuilles saines de Genévrier.
D. — extrait de balai de sorcière.

de Moyencourb (2). Nous avons réalisé des lots de 100 graines chacun. Des lots semblables ont été mis en étuve et en serre, mais dans les deux cas le pourcentage de germination et l'allongement des organes (racine ou tige) ont été plus élevés dans le lot traité avec l'extrait de balai de sorcière que dans les témoins. Nous donnons dans le tableau F les résultats de cette expérience.

De ce tableau il ressort l'action accélératrice de l'extrait de balai de sorcière sur la germination. Cette action cesse vite malgré l'apport régulier de substances correspondantes ; la croissance se trouve même inhibée dès avant la formation de la 3e feuille.

Un autre essai a été effectué en faisant tremper les graines dans les divers extraits. Des résultats comparables ont été obtenus. Ils sont rassemblés dans le tableau G.

TABLEAU G

Action de l'extrait de balai de sorcière sur la germination de l'Avoine par trempage des graines.

	En étuve						En serre		
	Pas de trempage			Trempage préalable 20 h.			Semé en terre après trempage en étuve		
	E	F	G	E	F	G	E	F	G
12 Février				sur buvard			trempage 20 h.		
13 Février :									
% de germination	8	4	12	1	4	6			
18 Février :									
% de germination	55	67	75						
Longueur racine cm				2-3	2-3	3			
20 Février :									
Longueur 1re feuille cm	3	5	1,5	8	8	8			
21 Février :									
% de germination							45	24	8
Longueur 1re feuille cm	6	8	4	10	10	10			
23 Février :									
1re feuille cm	8	8	8	10	10	10	3	3	3
2e feuille cm		2	1	1	1	4			
28 Février :									
2e feuille cm	6	6	8	5,5	6	6	2	2	1,5

Les désignations des trois lots sont les suivantes :
E. — témoin (eau de pluie).
F. — extrait de rameaux sains de Genévriers.
G. — extrait de rameaux de balais de sorcière.

De ces expériences, comme des précédents essais, il ressort que l'influence de l'extrait de balai de sorcière est très nette au début de la germination ; cependant elle cesse très rapidement. Dans les semis effectués en terre après trempage l'influence est nulle ou même retardatrice.

(2) Avoine de printemps ; obtention française (Hybride naturel C. BENOIST, 1944), demi-précoce, bonne résistance à la verse. Nous remercions ici M. le professeur ALABOUVETTE qui nous a aimablement fourni cette semence.

Sur le Genévrier, l'excitation provoquée par le parasite est continue, vraisemblablement en raison de la croissance continue du mycelium et tout se passe comme si le mycélium produisait une substance excitant la croissance terminale et le développement des bourgeons dormants, ces deux faits contribuant à donner l'aspect touffu caractéristique du balai de sorcière.

Nous avons cherché à voir s'il existait une relation entre les sores et l'alimentation du balai. Pour cela nous avons pratiqué le 16 février 1949 une incision annulaire vers la base du balai. Nous avons constaté lors de la maturité des sores que ceux-ci étaient plus petits (1 mm) et moins rigides que sur le témoin (1,5 mm) pris sur le même balai. Quant au pourcentage de germination des spores il est identique dans les deux cas.

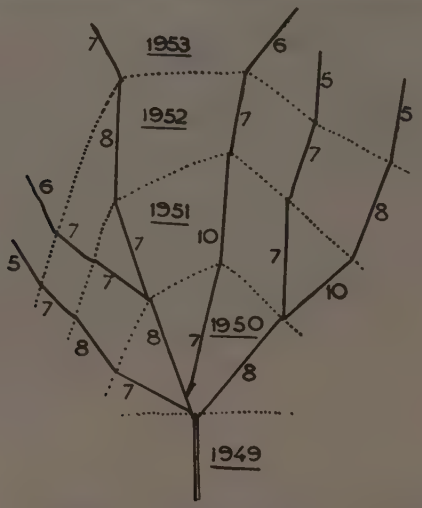


FIG. 22. — Allongement annuel des rameaux de balai de sorcière.
Les chiffres indiquent le nombre d'entrenœuds développés chaque année.

La réduction de l'alimentation a seulement provoqué une diminution dans le nombre de spores qui se traduit par une diminution de taille du sore.

c) *Evolution du balai de sorcière.* — Le début de la formation d'un balai de sorcière n'a pas été vu, ni réalisé expérimentalement. Nous avons tenté un grand nombre d'inoculations de Genévriers dans des conditions de milieu très différentes sans obtenir de résultats. L'infection a vraisemblablement lieu sur le bourgeon ou à son voisinage (sur la tige de l'année).

Le mycélium du *G. gracile* progresse rarement vers la base du rameau ; c'est un avantage pour sa destruction : en coupant le rameau 30 à 50 cm en dessous du balai on est certain de supprimer la zone d'ac-

tion du parasite (Guyot 1931). Le mycelium a en effet besoin de tissus jeunes, il n'a donc pas tendance à progresser vers la base.

Nous avons vu que la croissance des rameaux du balai de sorcière est peu différente de celle des rameaux sains, si ce n'est la précocité de la croissance et les entrenœuds un peu plus longs dûs à la présence du parasite (fig. 22).

Les rameaux intérieurs au balai meurent, comme nous l'avons déjà dit, par manque de lumière et de place. En effet, ces rameaux intérieurs sont très ramifiés et seules parmi ces ramifications se conservent celles qui sont exposées à la lumière (périphérie) et qui ne sont pas gênées par les autres rameaux.

Les ramifications de la base du balai se dessèchent lentement et finissent par tomber.

La *durée* d'un balai de sorcière a été estimée par un petit nombre d'auteurs. G. et Mad. Arnaud (1923, p. 159) écrivent sans autre précision : les balais de sorcière « persistent plusieurs années et semblent porter plusieurs fois des fructifications du champignon ». Viennot-Bourgin (1949, p. 1114) précise les observations d'Arnaud et limite la durée des déformations à 4 ou 5 ans.

Roger (1951) signale également une durée de 4 ou 5 ans.

Nous estimons plus longue la durée de ces touffes et nous pouvons même en dater la plupart en nous basant sur le développement annuel des rameaux (nombre des rameaux, aoûtement, chute des feuilles...). C'est ainsi que nous avons calculé l'âge de plusieurs exemplaires : un balai de 30 cm de haut a généralement plus de 10 ans : en effet, la pousse de l'année n'est pas aoûtée ; la pousse de deux ans est en voie d'aoûtement (rougissement), en retard sur l'aoûtement d'un rameau sain ; la pousse de trois ans est aoûtée et sa base commence à perdre ses feuilles ; au delà, en se basant sur les ramifications dont l'amorce a lieu l'année précédant l'allongement on peut facilement estimer l'âge d'une telle déformation.

De plus, au cours de nos prospections, depuis 1944, dans les mêmes stations nous avons très rarement observé la mort naturelle de balais. Enfin la production de sores a lieu plusieurs années de suite et on peut même dire tant que le balai n'est pas mort.

2. — Biologie du diplonte

a) Conditions générales de développement du parasite

Sur les rameaux vivants du balai, en dessous du liège de l'écorce, se forment dans le courant de l'hiver des stromas myceliens qui donneront naissance aux spores groupées en une colonnette (sore ou clavule).

Ces stromas se forment à divers niveaux sur les entrenœuds des rameaux. Cependant nous ne les avons pas vus sur les pousses de l'année. Ils se forment sur les rameaux d'au moins trois ans (rarement sur la pousse de deux ans).

Les clavules apparaissent sur tous les rameaux du balais, sur tout leur pourtour et sur toute leur longueur même sur les rameaux défeuillés. Cette répartition des sores différencie le *G. gracile* des autres espèces dont les sores sont localisés sur une hypertrophie du rameau.

D'une manière générale les sores ne sont pas visibles à la surface des rameaux avant le 20 février (1). Cependant, en suivant l'évolution des rameaux avant cette date, on voit se former, dès la fin du mois de Janvier, (20-25 Janvier), les stromas sous le liège et en premier lieu sur la face la plus ensoleillée des balais et des rameaux.

Peu après la formation des stromas se différencient, dans le courant du mois de Février, les premières téliospores (spores fortement colorées). Ces spores sont presque isodiamétriques *au début* ; par la suite elles s'allongent, tout en restant plus courtes que les spores allongées. Elles sont pourvues d'un pédicelle qui s'allongera au fur et à mesure que s'allongera la clavule. Ces premières spores formées occuperont la surface du sore et joueront un rôle de protection.

Ensuite, vers le 10 février se formeront, avant l'éclatement du liège, les premières spores allongées à membrane mince peu ou pas colorée, pourvues également d'un long pédicelle.

La formation du stroma portant les premières spores formées se distingue à la surface du rameau par des boursouflures. Le liège éclate sous la pression du stroma et des spores. De même que Maire (1906) l'a signalé, nous n'avons pas observé la présence de cellule-tampon (buffer-cells) entre le parasite et le liège.

Les sores commencent à être visibles, en année moyenne, dans les stations abritées du 15 au 20 Février et le 25 Février, la sortie est générale. Les sores d'abord petits (1 mm en tous sens) de couleur orangé foncé atteignent, rapidement, (début Mars) leur taille normale et leur couleur orangée. Ils sont alors capables à la faveur de la première pluie de gonfler (2) par la gélification des pédicelles des spores qui crée un milieu favorable à la germination des spores. Ce gonflement se conserve un temps variable (quelques heures) avec les conditions du milieu. En effet, ces longs pédicelles forment une grande partie de la masse du sore et ce sont eux qui, à maturité, se gélifient sous l'action de l'eau atmosphérique ou

(1) Les dates que nous donnons ici sont des moyennes sur plusieurs années d'études. Elles varient avec les conditions climatiques annuelles et locales (température, pluie...). Nous avons eu l'occasion d'enregistrer de telles variations d'une année à l'autre et même d'une station à l'autre au cours de la même année.

(2) Le gonflement a lieu au laboratoire en 15 minutes, en déposant un sore dans une goutte d'eau.

d'un très fort brouillard (généralement insuffisant s'il n'est pas consécutif à une pluie).

Les sores gonflés atteignent des dimensions doubles qu'ils perdront en se désséchant. Si la température est suffisante, les spores germent et donnent basides et basidiospores. Il est fréquent, en début de saison, de voir les sores gonfler sous l'action de la pluie sans qu'il y ait pour cela germination des téliospores. On peut considérer qu'il y a dans ce cas différenciation chimique des pédicelles, mais non maturité physiologique des spores.

Après l'émission des basidiospores, les sores se dessèchent, reprennent des dimensions plus restreintes, un aspect tordu ou même se plaquent contre le rameau dans l'attente d'une nouvelle pluie pour permettre à d'autres spores de germer.

Lorsqu'on examine, à un faible grossissement un sore gélifié, sa surface apparaît grossièrement verruqueuse, formée de plages plus foncées (spores colorées) séparées par des canalicules plus clairs laissant apparaître les spores claires sous-jacentes et les pédicelles. Cette répartition est dûe au fait que les spores minces, internes, plus nombreuses provoquent, par le gonflement de leurs pédicelles, un « éclatement » du revêtement de spores colorées.

Sur des balais ayant déjà émis plusieurs années de suite, on voit sur les rameaux un grand nombre de cicatrices légèrement déprimées correspondant aux anciens points d'insertion des clavules. Ces dépressions sont tapissées par du liège qui s'est formé après la chute du sore. En effet, lorsque le sore tombe, entraîné par son poids (à l'état gélifié), il reste le stroma mycélien en dessous duquel se différencie le liège de cicatrisation.

1° Germination des téleutospores. — Nous n'avons pas constaté de différence notable dans la germination des deux types de spores. Cependant celles à membrane colorée semblent germer plus difficilement. La différence dans la période de formation et leur position à la surface du sore sont en faveur de leur rôle de protection, la membrane colorée étant considérée comme un caractère de résistance au froid (1). On trouve fréquemment des spores trapues non germées dans les sores au mois d'Avril, alors que les spores allongées ont germé.

La cellule basale des spores germe la première. Lors du gonflement, par chacun des pores de la spore, un début de filament germinatif apparaît. Par la suite un seul filament par cellule se développera et donnera la baside.

Température de germination des téliospores. — Nous avons réalisé

(1) On retrouve ce caractère de membrane épaisse et colorée chez les téleutospores de *Puccinia veronicarum* DC. f. *fragilipes* qui passent l'hiver ; au contraire celles de la f. *persistens* ont une membrane mince et claire ; elles germent immédiatement (Fischer, 1904).

des essais de germination à différentes températures. Nos comptages nous ont permis d'établir la courbe suivante (fig. 23) :

5°	0 %
7°	15 %
12°	80 %
16°	60 %
19°	45 %
22°	42 %
26°	37 %
30°	20 %
36°	0 % agglutination du contenu cellulaire

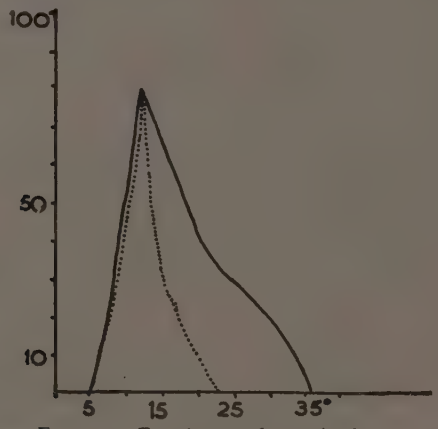


FIG. 23. — Températures de germination : des téliospores (en trait plein) ; des basidiospores (en pointillé).

Des essais de germination à l'ombre et au soleil nous ont montré que l'ombre était plus favorable en raison de sa température moins élevée et de son action non desséchante.

Le temps nécessaire à la formation des basidiospores est de 6-7 h.

Les basides se forment sur les spores les plus proches de la surface ; ce sont celles dont la maturité est la plus avancée. Les basides percent jusqu'à la surface de la masse gélatineuse et forment les basidiospores qui sont projetées ou simplement détachées et se déposent en surface du sore. Dans ce dernier cas, elles donnent au sore un aspect jaune doré.

Certains auteurs pensent qu'il se produit à ce stade une différenciation des basidiospores en + et —. Nous n'avons pu réaliser des infections à l'aide de basidiospores isolées ; nous ne pouvons donc prendre parti dans ce débat. Il serait intéressant de réaliser des inoculations à partir de spores isolées sur une même baside et d'effectuer des croisements de nectars contenant des spermaties issues de ces quatre basidiospores.

2° GERMINATION DES BASIDIOSPORES. — Les basidiospores sont, soit projetées du stérigmate, soit plus simplement emportées par le vent. La projection a lieu à des intervalles de quelques secondes a quelques

minutes (BULLER 1909 in BESSEY 1952). Elle a lieu par l'intermédiaire de gouttelettes qui se forment dans l'espace de 10-20 secondes à l'extrémité de leur bec (BESSEY).

Les basidiospores germent facilement et immédiatement dans l'eau. Elles ont un pouvoir germinatif de courte durée en relation avec leur membrane mince.

Températures de germination des basidiospores (fig. 23).

5°	0 %
7°	14 %
12°	80 %
18°	28 %
22°	3 %

Elles germent dans une goutte de pluie, de rosée, un film d'eau. La pénétration du filament germinatif se fait à travers la cuticule des Rosacées.

b) Évolution de l'hôte (*J. oxycedrus*)

D'après GAUSSEN (1952) le Genévrier oxycèdre est un arbrisseau indifférent au sol, plus sensible au climat que *J. communis*. C'est une espèce méditerranéenne dont les limites sont celles du climat méditerranéen. Son optimum se trouve dans la zone subhumide de ce type de climat. Il ne dépasse guère la limite de l'Olivier. Il supporte davantage l'humidité que *J. phoenicea*, mais exige plus de chaleur et moins d'humidité que *J. communis*.

Au point de vue phytosociologique (BLONDEL, 1941, BRAUN-BLANQUET...) on le trouve, dans les stations où nous l'avons étudié :

— Compagne de l'*Onobrychidetum supinae* Br. Bl.

— Compagne du *Quercetum galloprovinciale* Br. Bl. (Corbières, Provence, Languedoc).

— Compagne du *Cocciferetum rosmarinetosum* Br. Bl. (de la Provence au Roussillon).

PONS (1953) dans le Vaucluse insère ce Genévrier dans l'évolution de la végétation en vue de la reconstitution de la végétation arborescente dans la série :

$$\text{annuelle} \rightarrow \begin{matrix}\text{Thym}\\\text{Aspic}\end{matrix} \rightarrow \textit{J. oxycedrus} \rightarrow \textit{Quercetum ilicis à oxycèdre}$$

Selon PONS, le Genévrier s'installe dès les premiers stades de la thymaie à Aspic.

Il ne forme pas, dans notre région, de peuplements purs. C'est un indicateur d'anciennes forêts de Chênes dégradées par une exploitation abusive ou par le feu.

J. oxycedrus repousse après l'incendie (feux courants seulement), mais les *Gymnosporangium* qu'il portait sont généralement détruits : dans le cas du balai de sorcière généralisé à l'arbre entier, il est possible

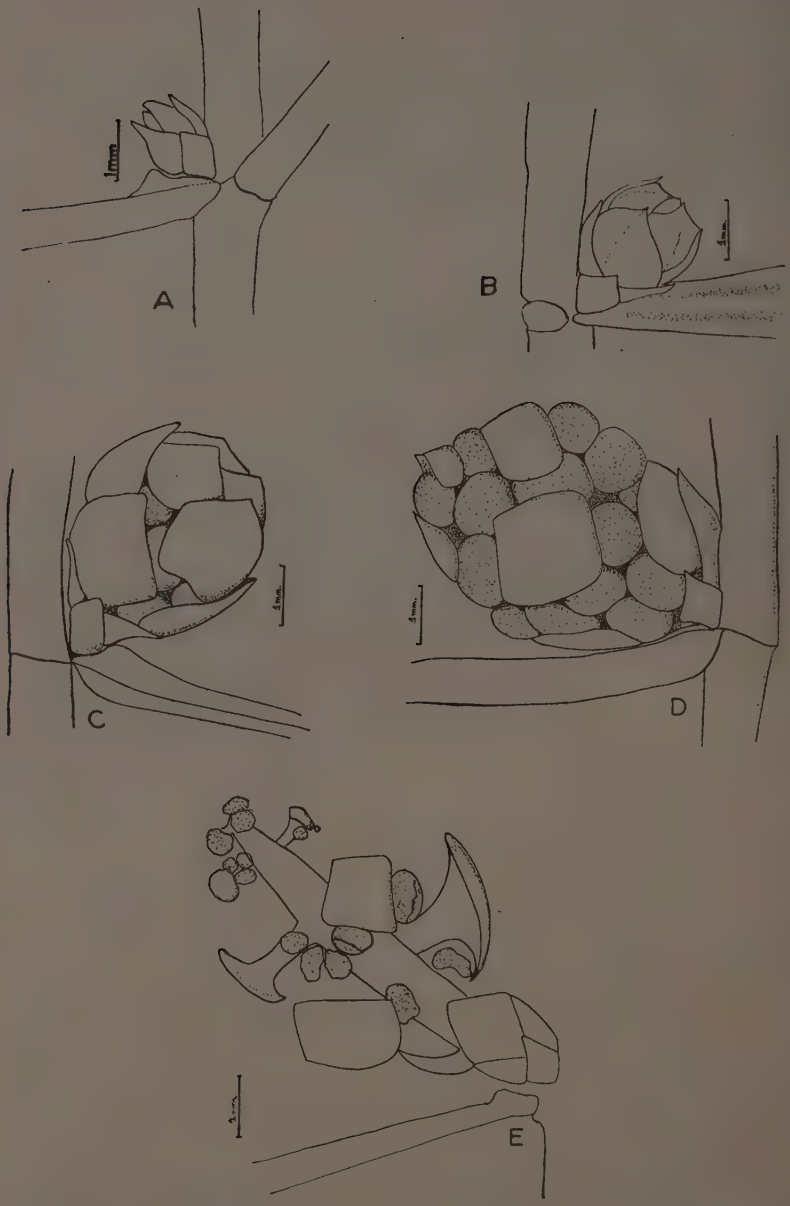


FIG. 24. — Développement de l'inflorescence mâle de *J. oxycedrus*. —
A : fin août. — B : fin septembre. — C : début octobre. — D : mi-octobre. — E : fin octobre.

que le mycélium se conserve dans la souche et infecte les nouveaux bourgeons qui se développent, imprimant à la nouvelle charpente l'aspect de balai de sorcière.

Répartition : On trouve ce Genévrier dans le bassin méditerranéen : Péninsule ibérique, Italie, Grèce, Afrique du Nord, et en France dans les

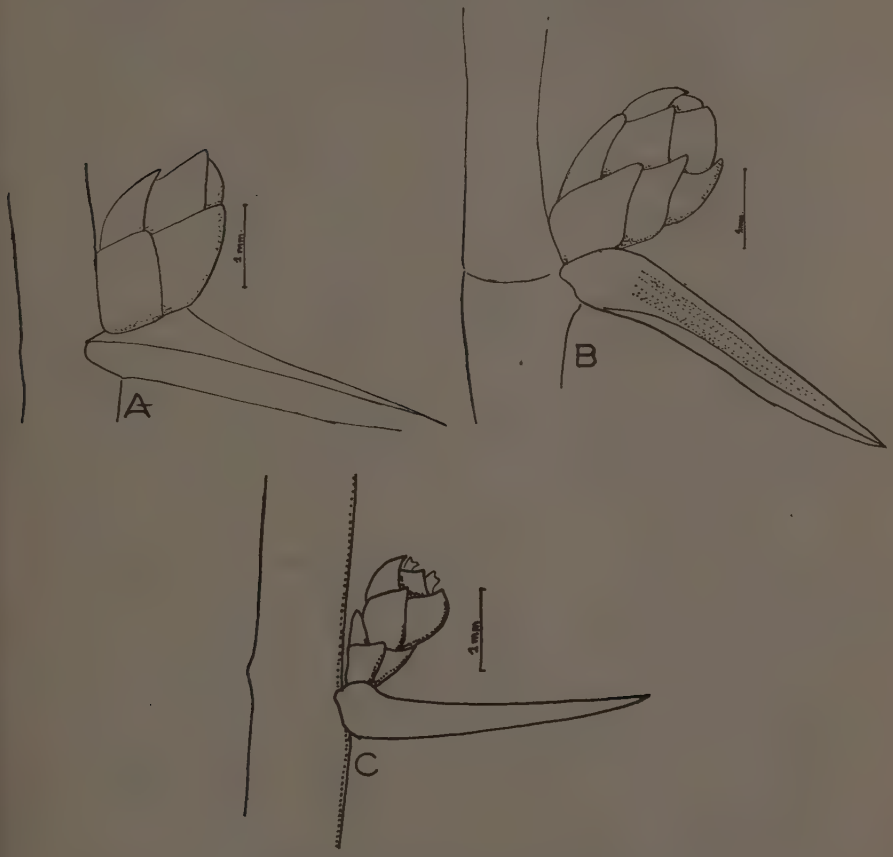


FIG. 25. — Développement de l'inflorescence femelle de *J. oxycedrus*. — A : début octobre. — B : mi-octobre. — C : fin octobre.

limites de la zone de l'Olivier. On le trouve jusqu'en Lozère (aux confins du Gard) à Saint-Étienne-Vallée-française (Herb. Lecocq 1846) et dans les Basses-Alpes (CHABOISSEAU).

Phénologie (fig. 24-25). — La floraison a lieu sur le rameau de l'année précédente et sur un ou deux entrenœuds de l'année. Les bourgeons floraux se forment en septembre. Ils sont visibles dans la 2e décade et la pollinisation a lieu fin septembre début octobre. Elle est sous la dépen-

dance étroite des conditions atmosphériques. Elle se fait par temps sec et chaud. Elle est terminée fin octobre.

Parallèlement la formation et l'épanouissement des fleurs femelles a lieu. Les fruits se forment lentement et leur maturité intervient la 2e année.

Nous avons suivi également le développement végétatif et nous avons pu constater que la croissance la plus importante avait lieu au printemps. En effet, pendant l'hiver il se forme un entrenœud ou deux. Au printemps (Mars-Juin) il se forme en moyenne 6-10 entrenœuds suivant la position du rameau.

La chute des feuilles a lieu lorsque le rameau atteint sa 4e année. Le canal résinifère contenu dans la tige et qui se poursuit dans la feuille, disparaît de la tige avec l'aoûtement ; il est écrasé et expulsé.

c) Influence de quelques facteurs naturels sur le développement du champignon

L'étude du développement que nous avons donnée précédemment est un type moyen. Cependant interviennent divers phénomènes naturels qui modifient ce comportement. Ces modifications n'ont généralement qu'un caractère local, mais certaines ont, à notre avis, leur importance pour la connaissance de la biologie du champignon.

1° Température. — *G. gracile* est sensible aux basses températures, même à l'état mycélien : en effet, après un hiver froid et prolongé, les téliosores apparaissent beaucoup plus tard. Ainsi, en 1953 les sores apparaissent le 28 février et en 1954, le 3 Mars, alors que, en année moyenne ils apparaissent vers le 15 février ; l'évolution a donc été retardée par le froid de ces deux hivers. En 1955, à la suite d'un hiver particulièrement doux, les sores ont été visibles fin Janvier.

Un autre critère en faveur de la sensibilité à la température est l'apparition précoce des sores sur des individus des stations abritées. Ainsi à Grabels, aux expositions Sud et Sud-Est, soumises aux vents marins tièdes, les sores apparaissent plus tôt (une semaine) et en plus grand nombre qu'aux expositions Nord (soumises aux vents froids continentaux) sur une même colline.

De même dans les sous-bois abrités des vents du Nord, les sores sont plus précoces.

Enfin, sur le même balai de sorcière, les sores apparaissent d'abord sur la face la plus ensoleillée.

La température agit aussi lors de la germination : en particulier au premier gonflement du sore la température doit être suffisante pour permettre la germination avec production de basidiospores ainsi que la ger-

mination de ces dernières. Il nous est arrivé d'essayer de réaliser des inoculations trop précoces : nous n'avons obtenu aucun résultat, vraisemblablement en raison de la température trop basse alors que les spores avaient germé au laboratoire.

En 1946 (le 3 Mars) le minimum de température a été de — 5° ; les clavules ont été gelées, alors même qu'elles n'étaient pas gonflées. Cela s'est traduit par un ratatinement des sores et par la déformation des spores qui ont été tuées.

2° Pluie. — La pluie, nous l'avons vu, est nécessaire au gonflement des sores. Il faut une certaine quantité de pluie que nous évaluons à 4 mm pour le gonflement seul, à condition qu'elle soit étalée sur plusieurs heures et non suivie de vent du Nord desséchant.

Une pluie fine et continue est préférable à une pluie violente. En effet, la violence de la pluie peut amener la chute des sores ; ce cas est assez rare chez *G. gracile* ; il est plus fréquent chez d'autres espèces à sores plus volumineux (*G. confusum*, *G. tremelloides*).

Lorsque la pluie, accompagnée de rafales de vent n'a pas été assez violente pour entraîner les masses gélatineuses, les sores se dessèchent, prennent un aspect tordu (4 -5 × 1 mm) ou se plaquent contre le rameau, attendent de nouvelles pluies pour gonfler à nouveau et permettre aux spores, qui n'ont pas encore germé, de donner basides et basidiospores. Ce mécanisme, lié aux précipitations, peut se reproduire plusieurs fois dans le courant du mois de Mars.

Généralement les pluies du mois de Mars sont suffisantes pour que tous les sores aient disparu au début du mois d'Avril. Cependant si le nombre et l'intensité des pluies ont été faibles, et lorsqu'on a affaire à des balais de sorcière touffus, ou à des sujets abrités, les sores peuvent conserver leur activité plus longtemps (Avril).

La compacité du balai de sorcière joue un rôle dans la conservation de la turgescence du sore en créant un microclimat favorable. On peut rapprocher cette observation de celle basée sur la compacité du balai favorable à la création d'une température plus élevée.

3° Vent. — Son principal rôle est la dissémination des basidiospores, soit au moment où elles sont projetées du stérigmate sur lequel elles se sont formées, soit après dessiccation du sore.

Selon qu'il est sec ou humide il inhibe ou il favorise la formation des basidiospores après la pluie. Un vent sec réduit l'humidité de la masse du sore ; au contraire un vent humide permet la formation d'un plus grand nombre de basidiospores par la plus grande conservation de la gélification du sore.

Un vent violent peut enfin faire tomber les sores turgescents, mais plus particulièrement ceux qui sont âgés.

4° Animaux. — Divers animaux, en particulier : mollusques, Arthro-

podes..., se trouvent attirés par les masses gélatineuses des sores. Ils les broutent, les détruisent, ou pondent dans leur masse.

Les sores de *G. gracile* sont trop petits pour exercer un pouvoir attractif sur ces prédateurs. Cependant la touffe du balai de sorcière renferme souvent, en son centre, parmi les feuilles et les brindilles mortes des escargots que nous avons trouvés sur d'autres espèces de *G.*

B. — HAPLONTE

C'est la phase la plus importante au point de vue arboriculture fruitière. En effet, elle a lieu sur les Rosacées. Elle comprend les spermogonies et les écidies qui provoquent des déformations sur les feuilles, les rameaux et les fruits et entraîne le plus souvent leur mort (feuilles, rameaux) ou leur momification (fruits).

Par inoculation nous avons établi quelles étaient les Rosacées qui entraient dans le cycle de *G. gracile* ; nous avons également suivi le développement de cette phase écidienne et nous avons pu enfin déterminer les conditions de pénétration.

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

La pénétration à l'intérieur des tissus de la Rosacée (*Cydonia*, *Crataegus*) du filament issu de la basidiospore provoque après une incubation de 10-15 jours une tache jaune clair sur laquelle apparaissent les spermogonies ; par la suite une tumeur se formera à l'intérieur de laquelle se développeront les écidies.

1° Spermogonie. — La spermogonie apparaît généralement à la face supérieure des feuilles sous forme d'un stroma sous-épidermique (fig. 26). Le mycélium s'insinue entre les cellules du mésophylle, mais ne provoque pas de modification tant que la fécondation n'a pas lieu. Le stroma est en forme d'outre et sa surface externe donne l'aspect d'un *péridium* par la seule intrication des filaments mycéliens.

Les spermogonies mesurent : 160 — 200 × 90μ .

Les spermogonies qui apparaissent à la face supérieure (position normale) sont plus aplaties que celles qui se forment (plus rarement) à la face inférieure. Il est en effet plus facile au stroma mycélien de se développer dans les espaces aérifères du tissu lacuneux.

Les hyphes qui forment le péridium convergent en un point où ils font saillie à l'extérieur en ménageant une ostiole. Quelques hyphes plus

allongés les dépassent, ce sont les « hyphes flexueux ». L'ensemble de ces hyphes contribue à maintenir les gouttelettes de nectar à la surface des organes. Les hyphes flexueux sont d'autre part des portes d'entrée pour les spermaties de signe contraire qui viendront se déposer sur eux.

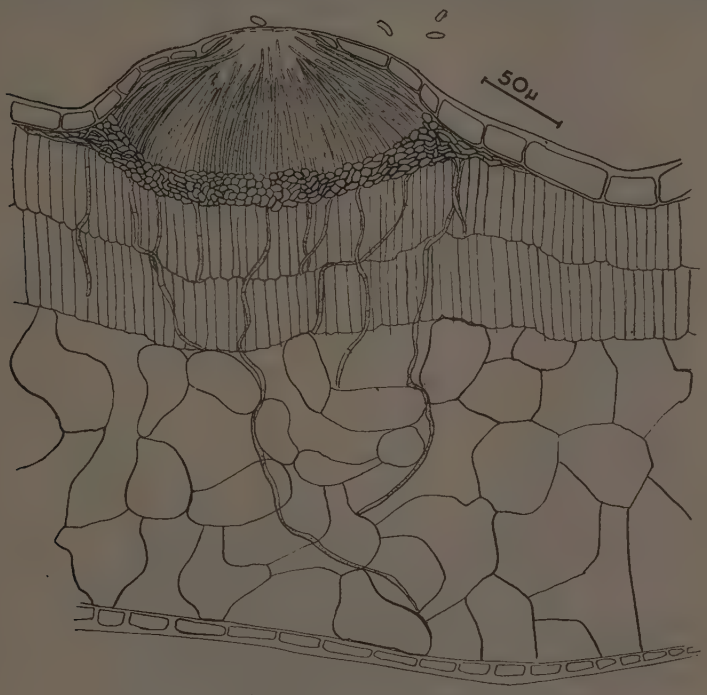


FIG. 26. — Spermogonie de *G. gracile* sur *Cydonia*.

Les spermaties sont produites à l'intérieur du conceptacle, à l'extrémité d'hyphes sporifère (fig. 27). Ces spermaties mesurent 6-8 × 4 µ ; elles sont petites, allongées, leur membrane est mince et leur vitalité est faible.

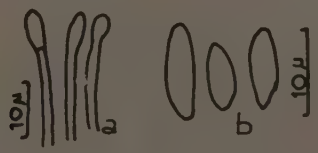


FIG. 27. — *G. gracile*. — *a* : Spermatiophores ; *b* : Spermaties.

2° ÉCIDIE. — La fusion des thalles de signes contraires est obligatoire pour que se déclenche la tumeur à l'intérieur de laquelle se différencient les écidies.

Dans la portion extérieure à l'hôte, l'écidie apparaît comme un pinceau de filaments plus ou moins soudés ou laciniés (fig. 28). Cette portion extérieure constituée par une partie du pseudopéridium mesure 0,4-1 mm de long. A maturité, le sommet est lacinié sur environ 0,1-0,2 mm et des ouvertures se forment sur sa longueur.

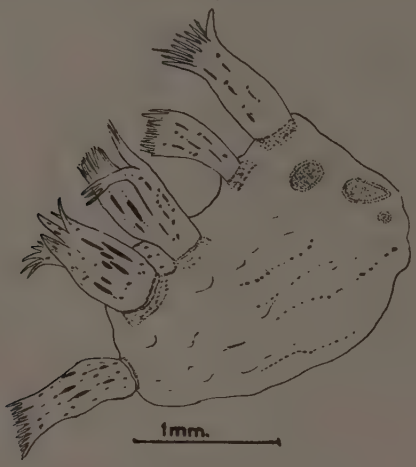


FIG. 28. — *G. gracile*. — Pseudopéridium à la surface d'une tumeur.

Dans la portion intra-tumorale, en coupe longitudinale, l'écidie apparaît comme constituée par (fig. 29) :

— un stroma mycélien qui se prolonge latéralement pour former un péridium vrai ;

— un plateau d'hyphes écidiosporigènes, formés sur le stroma mycélien et dont l'assise périphérique donne naissance à des cellules homologues des écidiospores : les cellules pseudopéridiales dont l'ensemble forme le pseudopéridium qui fait saillie à l'extérieur. Les hyphes produisent à l'intérieur de cette enveloppe les files de spores.

Le stroma mycélien est constitué d'hyphes épais contournés, étroitement enchevêtrés. A la périphérie les hyphes se prolongent en un *péridium* vrai (1). Ces hyphes sont ici lâchement enchevêtrés. Ils accompagnent l'ensemble de l'écidie jusqu'à la surface de la tumeur.

3° PSEUDOPÉRIDIUM. — Isodiamétrique à l'apex, les cellules du pseudopéridium sont plus allongées vers le milieu des files ; elles sont à nouveau isodiamétriques à la base, au voisinage de la cellule-mère.

KERN (1910) a fait une étude de la morphologie de ces cellules. Il distingue une paroi interne orientée vers l'intérieur de l'écidie, généralement couverte d'ornements qui s'étendent même aux parois latérales

(1) Nous précisons ici que le *péridium* est issu de filaments végétatifs, alors que le *pseudopéridium* est issu de cellules-mères homologues des cellules-mères des écidiospores.

(en contact avec les cellules voisines) et une paroi externe orientée vers l'extérieur. L'étude complète des cellules pseudopéridiales comporte donc un examen de la face interne, un examen de la face externe et un examen

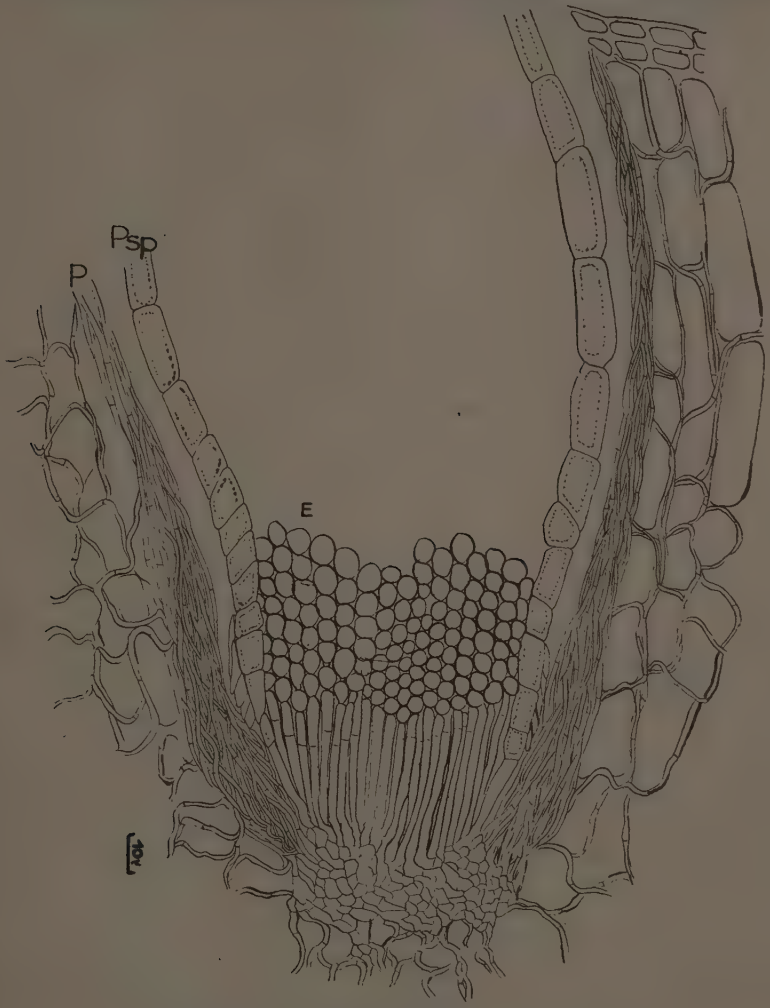


FIG. 29. — Coupe d'une écidie de *G. gracile*. —
P, péridium ; Psp, pseudopéridium ; E, chaînes d'écidiospores.

en coupe qui permet de voir la différence d'épaisseur des membranes interne et externe, caractères que nous considérons comme spécifiques avec la nature des ornementations.

Les cellules du sommet du pseudopéridium (fig. 30-31) mesurent 50-70 (55-65) × 35-45 µ. Leur membrane, égale sur toutes les faces, a une

épaisseur de 3,7 à 4,5 μ. Les cellules suivantes sont de plus en plus longues dans la partie extérieure du pseudopéridium où elles mesurent jusqu'à 80-120 μ (→ 140) × 17-32 μ. Ensuite elles deviennent progressivement plus courtes vers la cellule-mère.

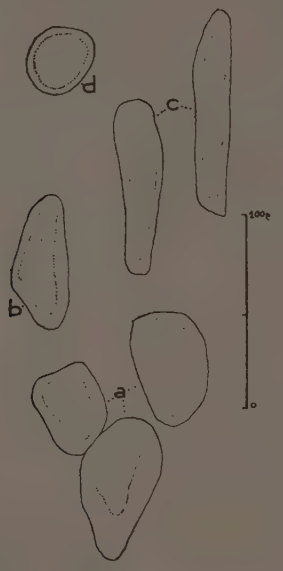


FIG. 30. — Cellules du pseudopéridium.
a : cellule de l'apex. — b : cellule moyenne. — c : cellules plus basses. — d : écidiospores

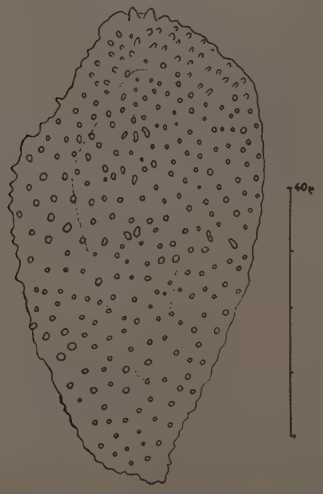


FIG. 31. — Cellule de l'apex du pseudopéridium.

Verticalement les cellules du pseudopéridium chevauchent. Ce chevauchement a pour but d'aider aux mouvements de cet organe.

Latéralement l'articulation des parois se fait par l'intrication (fig. 32) des ornementations. La formation des fenêtres dans la partie externe du pseudopéridium a lieu par écartement des cellules vraisemblablement

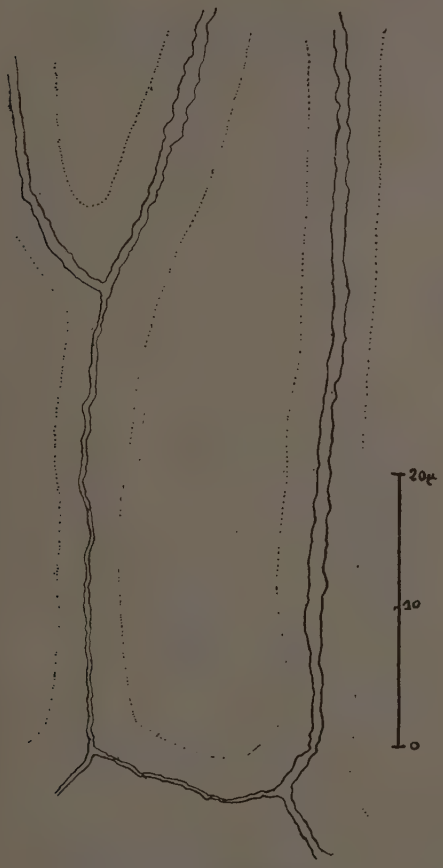


FIG. 32. — Articulation latérale des cellules du pseudopéridium.

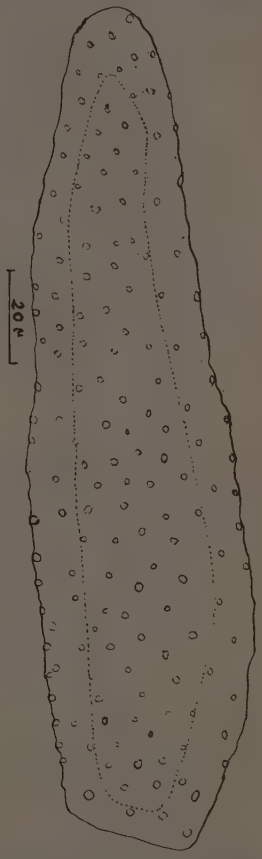


FIG. 33. — Face interne d'une cellule du pseudopéridium.

sous la pression de la masse des spores qui se trouvent à l'intérieur de la coupe.

KERN caractérise les cellules pseudopériales par longueur, largeur, épaisseur et épaisseur des membranes, la largeur étant la dimension de la cellule vue de face et l'épaisseur la dimension de la cellule en coupe. Nous avons réalisé de telles mensurations pour les cellules moyennes de la file.

La largeur de ces cellules est légèrement inférieure à l'épaisseur ; par exemple :

Longueur	Largeur	Épaisseur	Membrane externe	Membrane interne
78	12	15	3 — 4	5,1 µ
85	11 — 12	18	3 — 4	5 µ

L'ornementation est portée par la face interne et par les faces latérales. Elle est constituée de petites verrues lâchement réparties (fig. 33).

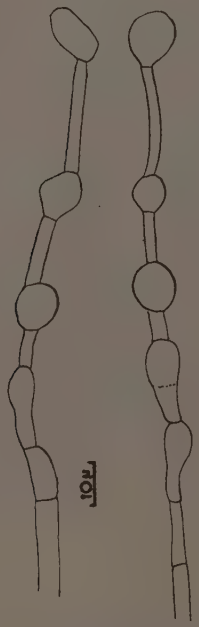


FIG. 34. — Files d'écidiospores et de cellules intercalaires.

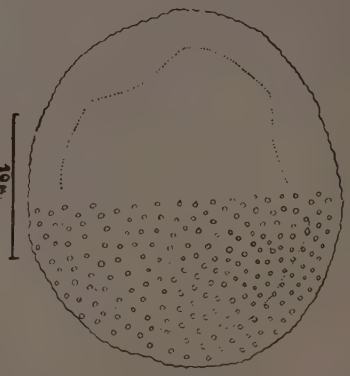


FIG. 35. — Ecidiospore de *G. gracile*.

4° ÉCIDIOSPORES. — Les spores naissent à l'extrémité d'hyphes dressés parallèlement, serrés les uns contre les autres, ayant à leur base le stroma écidien. Les écidiospores lors de leur formation sont séparées par des cellules intercalaires qui dégénèrent rapidement (fig. 34).

Les écidiospores sont sphériques (fig. 35) ; elles peuvent apparaître ellipsoïdes, mais cette forme est en général dûe à une compression latérale à l'intérieur de l'écidie. Elles mesurent 25-28 µ de diamètre. Elles sont fortement colorées en brun ; munies de 4 ou 5 pores ; la membrane est épaisse : 2-3 µ et finement verruqueuse.

b) **Morphologie des hôtes**

FISCHER, le premier, a réussi des inoculations sur *Crataegus oxyacantha* s. l. et sur *Cydonia maliformis*. MAIRE a essayé d'inoculer *Crataegus monogyna*, *Cydonia* et *Mespilus*, mais sans résultat. Nous avons reconnu que *Crataegus monogyna* et *Cydonia* seuls parmi nos hôtes locaux, présentaient une certaine sensibilité à *G. gracile*.

Nous avons obtenu des résultats positifs sur *Amelanchier ovalis* seulement deux fois. Cependant l'évolution des taches provoquées sur ce dernier hôte n'a pas été totale. En effet, après avoir formé des spermogonies, les taches se sont nécrosées, même après avoir provoqué un mélange de nectars, sans produire de tumeur ni par suite d'écidies. Il faut vraisemblablement y voir une infection artificielle dans des conditions exceptionnelles que nous n'avons pas pu renouveler. Dans la nature, les Amelanchier se trouvent indemnes dans des zones où les balais de sorcière sont pourtant fréquents. De plus, l'apparition de la rouille habituelle de l'Amelanchier (*G. tremelloides* s. l.) est plus tardive que *G. gracile*.

Crataegus monogyna Jacq. — Aubépine.

C'est un arbuste buissonnant. On en trouve des pieds isolés bien développés en lisière des bois par exemple ou en bordure des champs. Cette Aubépine a une très grande extension : Europe, sauf les régions les plus septentrionales. Elle est utilisée pour faire des haies de clôture, soit seule, soit en mélange avec le Cognassier. On la trouve dans le Bas-Languedoc dans les mêmes stations que *Juniperus oxycedrus*. Elle fait partie du mort-bois des taillis clairs. Tous les sols lui conviennent, mais elle est rare dans les sables pauvres (MATHIEU 1897).

Les stations des environs de Montpellier sont à inclure dans l'association : *Quercetum galloprovinciale* dans laquelle l'Aubépine est une compagne avec *Juniperus oxycedrus* et *J. communis*. Cette existence des deux hôtes dans la même association est un fait favorable à la réalisation des cycles des *G.*

Les feuilles, même jeunes, sont glabres. Elles ont cependant un pouvoir de rétention de l'eau de pluie très élevé (nous en verrons les raisons dans l'étude biologique). Nous avons, en effet, constaté le maintien des gouttes d'eau bien plus longtemps sur les feuilles de cette Aubépine que, par exemple, sur celles du Cognassier. Ce serait peut-être là une des raisons du plus grand degré de sensibilité des Aubépines par rapport au Cognassier vis-à-vis de la même espèce de *G.*

Cydonia oblonga Mill. = *C. vulgaris* L. — Cognassier.

Il est cultivé principalement dans le Midi et le Centre de la France.

Il redoute les grands froids ; il supporte cependant les hivers et les gelées printanières de la région méditerranéenne.

Il préfère les sols frais, légers, sans trop d'humidité.

Les variétés que nous avons utilisées pour nos inoculations sont : la var. CHAMPION, rustique ; la var. PORTUGAL (= *C. lusitanica* Tourn. rustique, mais plus tardive que la précédente et à feuilles plus grandes.

c) Conséquences anatomiques et physiologiques du parasitisme

Le parasitisme du *G. gracile* sur la Rosacée provoque une tache décolorée sur laquelle apparaissent les spermogonies. Par la suite, se développe une tumeur à l'intérieur de laquelle se forment les écidies.

1° ANATOMIE. — Le mécanisme de la formation de la tumeur a été étudié par GENEAU de LAMARLIÈRE (1898) chez *Roestelia lacerata* (*G. clavariaeforme*) sur *Crataegus*, *R. cornuta* (*G. juniperinum*) sur *Sorbus aucuparia*, et *R. penicillata* sur *Pyrus communis*.

FIG. 36. — Feuille de *Crataegus monogyna* inoculée avec *G. gracile*.
On observe sur le pétiole et sur le limbe des tumeurs portant des écidies.

Ce mécanisme est le même pour tous les *Gymnosporangium* que nous avons étudiés. Le *G. gracile* est conforme à ce type :

a) *Feuille.* — Lorsque le mélange des nectars a été réalisé, la tuméfaction est déclenchée. Elle est dûe à un hyperplasie à partir des cellules du tissu lacuneux du mésophylle, qui se trouve ainsi modifié et prend un aspect de tissu palissadique (palissadic-like, pseudopalissadique). Les lacunes disparaissent et les différentes cellules modifiées ou nouvellement

formées se disposent parallèlement en donnant à la coupe l'aspect d'un tissu palissadique avec cependant absence de chloroplastes, remplacés par des amyloplastes (1).

Le mécanisme de division cellulaire se déclenche dès que la fécondation a eu lieu. On observe des cellules recloisonnées sur toute la périphérie de la tumeur, même lorsque les écidies sont ouvertes et ont commencé à émettre. Il est probable que ce mécanisme continuerait si les conditions climatiques (température élevée de l'été) n'intervenaient pas et permettaient à l'organe, toujours en activité cellulaire de se multiplier.

FIG. 37. — *G. gracile*. — Tumeur formée en 1952 sur rameau de *Crataegus*, mort à l'automne 1952. Pas de progression de la tumeur en 1953 (19 mars 1953).

L'épaississement de la feuille peut atteindre 1673 μ chez une feuille de *Crataegus* dont l'épaisseur normale est 213 μ.

b) *Pétiole*. — Le pétiole est fréquemment parasité (fig. 36). Cet organe présente un attrait pour les Urédinées en raison de sa constitution collenchymateuse.

Les déformations sont très volumineuses et se localisent principalement au voisinage du raccord avec le limbe.

(1) Ces tumeurs sont importantes pour certaines espèces dont le développement est plus lent (*G. fuscum* par ex.). Elles sont consommées par certaines peuplades primitives en raison de leur richesse en amidon (G. de LAGERHEIM, 1891).

Le champignon conserve à la vascularisation un caractère primitif qui la rend insuffisante à l'alimentation de la feuille et amène sa mort.

c) *Tige.* — L'attaque de la tige est fréquente (fig. 37). Elle a toujours lieu sur le rameau de l'année, chlorophyllien (avant l'aoûtement). Il se forme une tumeur qui se développe d'abord sur un secteur de la tige ; elle progresse et arrive à en faire le tour complet, entraînant alors la mort du rameau. La tige normale du rameau de l'année a 3 mm de diamètre ; la tumeur atteint 10 mm.

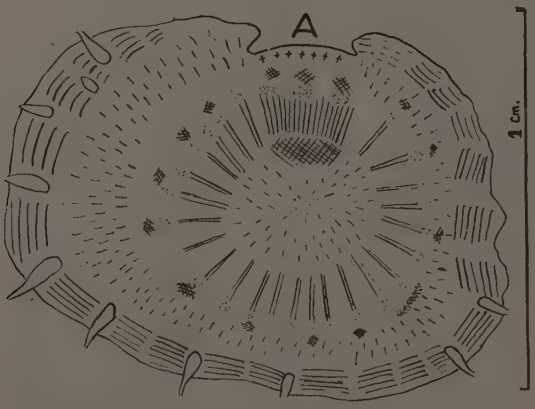


FIG. 38. — Coupe dans une tumeur caulinaire de *G. gracile* sur *Crataegus monogyna*. Sur le secteur non tuméfié (A) la tige a un aspect normal.

Sur la tige saine on trouve successivement :
— un épiderme en voie de subérification,
— un collenchyme de réserve,
— des piliers de sclérenchyme péricyclique,
— un anneau libéro-ligneux compact,
— un sclérenchyme médullaire.

En coupe la tumeur présente (fig. 38) :
— un liège écrasé et partiellement exfolié en surface,
— le collenchyme est transformé en tissu tumoral formé de cellules régulières, rectangulaires ; ce tissu est envahi par le mycélium intercellulaire ; c'est dans sa masse que se formeront les écidies.
— un sclérenchyme péricyclique intact,
— le liber est écrasé,
— des rayons médullaires très nombreux et très larges du fait de la dissociation des files de cellules de bois (en coupe transversale) ;
— le sclérenchyme médullaire n'est pas pénétré par le mycélium (fig. 39) ; il est repoussé sur un secteur et remplacé par un tissu tumoral formé de cellules rectangulaires avec mycélium intercellulaire.

Les spermogonies apparaissent sur le rameau avant la tuméfaction. Au fur et à mesure que la tumeur se développe elles sont rejetées avec l'exfoliation du suber périphérique.

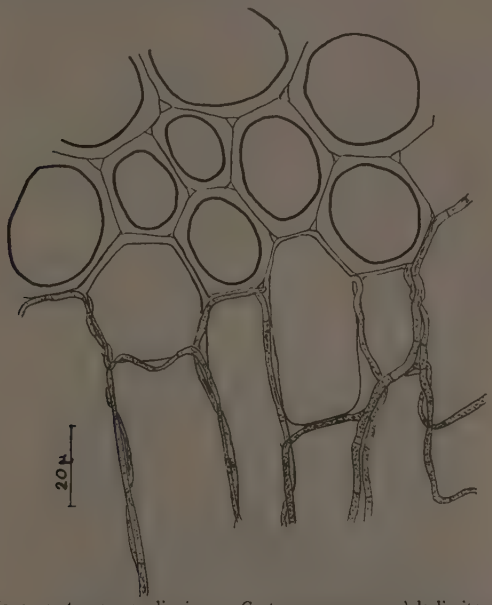


FIG. 39. — Coupe dans une tumeur caulinaire sur *Crataegus monogyna* à la limite de la zone parasitée et de la zone saine. — Une partie de la moelle est transformée en tissu tumoral à cellules rectangulaires avec mycelium intercellulaire. Le sclérenchyme n'est pas pénétré par le mycelium.

d) *Fruit* : (fig. 40). — Le parenchyme de réserve est transformé par l'action du parasite en tissu tumoral qui transforme rapidement (Avril)

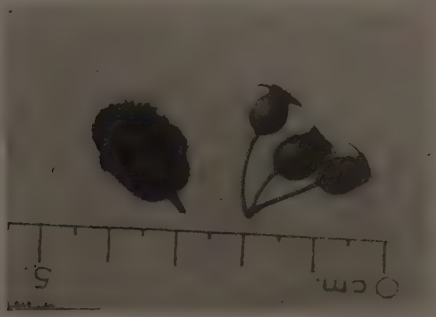


FIG. 40. — *G. gracile*. — Hypertrophie d'un fruit de *Crataegus* parasité.

le jeune fruit et lui donne l'aspect d'un fruit mûr par la taille et la couleur chez *Crataegus*. Les écidies apparaissent sur toute la surface déformée.

Chez Cydonia, le fruit reste petit, déformé et très dur.

e) *Pédoncule fructifère* : (fig. 41). — Chez *Crataegus*, il est fréquemment parasité, Il peut y avoir continuité entre cette tumeur et celle du fruit.

Exemple de modification du pédoncule fructifère :

Pédoncule sain		Pédoncule parasité	
Rayon	400 µ		
Épiderme		+ ou — exfolié	1500 µ
Collenchyme	3-4 assises		
Parenchyme en voie de collenchymatisation	200 µ	Tissu tumoral	1000 µ
Sclerenchyme péricyclique	40 µ	Collenchyme	200 µ
Liber	40 µ	Écrasé, dissocié	60 µ
Anneau de bois	30 µ	Files rayonnantes	150 µ
		Nombreux rayons médullaires	
Collenchyme médullaire		Peu développé	

Fig. 41. — *G. gracile.* — Déformation d'un pédoncule fructifère de *Crataegus*. Un fruit est atrophié.

2° Physiologie. — *Gymnosporangium gracile* attaque les feuilles, les rameaux et les fruits du Cognassier et de l'Aubépine.

Sur le limbe l'attaque ne revêt pas, en général, un caractère de gravité. La réduction de la surface foliaire assimilatrice n'a pas de répercussion sur la végétation de l'arbre sauf dans le cas d'une attaque trop grave. Lorsque les pétioles sont attaqués, la feuille meurt plus ou moins rapidement.

Quant aux rameaux, seule la partie verte est parasitée (rameau de l'année). Nous n'avons pas vu d'attaque du bois de deux ans ou plus (aoûté donc non pénétrable). Le parasitisme amène rarement la mort rapide du rameau ; le champignon évolue lentement et c'est fréquemment à l'automne ou au plus tard au printemps suivant que le rameau meurt dans toute la partie située au-dessus du point d'attaque marqué par la tumeur.

L'évolution de la tumeur est donc assez longue. En automne, les besoins en eau n'étant pas excessifs, le passage laissé par le parasite est suffisant. Il n'en est pas de même au printemps où les besoins en eau pour la croissance sont très grands et le passage insuffisant amène la mort de la pousse. Après la mort du rameau le mycélium ne progresse pas vers la base ; il meurt avec la tumeur, sans produire de nouvelles écidies.

Des bourgeons peuvent être attaqués ; ils sont alors tués, mais le parasite ici encore ne progresse pas à l'intérieur des rameaux et ne donne pas de nouveaux organes de reproduction.

Les jeunes fruits peuvent enfin être attaqués ; c'est là le point le plus important ; le mycélium se développe abondamment dans le fruit, l'envahit entièrement, le momifie et le recouvre d'écidies. Ce mécanisme vaut aussi bien pour l'Aubépine que pour le Cognassier. C'est pour cette dernière espèce que ce parasite présente quelque importance. Bien que le Cognassier ne soit pas cultivé en grands vergers, il ne représente pas moins un certain intérêt, surtout dans nos régions méridionales.

L'importance des attaques varie chaque année ; elle est tributaire des conditions atmosphériques qui règlent le développement des Rosacées d'une part et les conditions d'infection d'autre part. Ces dégâts méritent notre attention et motivent même quelques traitements qui pourraient être appliqués aux Cognassiers, habituellement abandonnés, en même temps qu'aux autres individus du verger.

2. — Biologie de l'haplonte

a) Conditions générales de développement du parasite

1° Inoculation. — La méthode d'inoculation utilisée est celle que nous avons exposée en détail dans la première partie de ce mémoire. Elle consiste à inoculer de préférence sous la pluie ou dans une atmosphère saturée d'humidité (après une pluie, par exemple).

Les essais d'inoculation ont été faits dans différentes conditions ; ils nous ont conduit aux conclusions suivantes : la nécessité de la pluie ou d'une très forte condensation pour la germination des basidospores et leur pénétration dans les tissus de l'hôte. Cependant au cours de nos études nous avons pu constater des différences entre les exigences du parasite pour pénétrer le Cognassier et l'Aubépine [1]. En effet, les feuilles de Cognassier, cotonneuses lorsque le bourgeon s'épanouit perdent rapidement ce duvet ; leur face supérieure devient lisse et la cuticule s'épaissit, à partir des points de chute des poils. D'autre part, le duvet qui recouvre

[1] Nos inoculations d'une même journée ont lieu sur les différents hôtes écidiens avec un matériel prélevé sur le même hôte télien et sur la même déformation (même balai ou même fuseau), afin d'éviter des mélanges possibles de races.

les feuilles et le caractère cireux de la cuticule ne permettent pas aux feuilles de retenir les gouttelettes d'eau. Nous avons en effet, pu constater que l'eau pulvérisée avant l'inoculation n'était pas retenue à la surface des feuilles de Cognassier alors qu'elle persistait plus longtemps sur les feuilles d'Aubépine, ce temps étant mis à profit pour la pénétration du parasite. Nous verrons plus loin l'explication de ces faits par l'étude anatomique des épidermes foliaires.

Ainsi que nous l'avons déjà dit nous procédons par écrasement d'un sore gélifié sur la feuille ; ce sore conservera, en raison de sa nature gélatineuse, une humidité suffisante à la germination des basidiospores, si l'atmosphère est elle-même saturée, ce qui est fréquent au printemps par temps marin dans notre région.

2° Développement de la phase écidienne. — Nous avons suivi l'évolution de la phase écidienne à partir de nos inoculations sur le Cognassier et sur l'Aubépine. Nous avons été amené à distinguer 4 phases, comme nous les avions déjà envisagées (1947) dans l'étude des tumeurs écidiennes de *G. sabinae*.

— Apparition des spermogonies. (S) ;
— Début de la formation de la tumeur (dt) ;
— Apparition du pseudopéridium à la surface de la tumeur (Psp) ;
— Maturité des écidiospores, leur émission (E).

a) *Apparition des spermogonies.* — Elles apparaissent 10 à 20 jours après l'inoculation. Les conditions climatologiques qui suivent l'inoculation font varier la durée de l'incubation. Au point d'apparition des spermogonies, la feuille est décolorée : d'abord jaune pâle, elle devient ensuite orangée lorsque ces organes émettent leur nectar ; le mélange de nectars (contenant des spermaties de signe contraire), par l'intermédiaire de la pluie ou des insectes provoque une « fécondation » et déclenche la formation de la tumeur à la face inférieure des feuilles et arrête la sécrétion du nectar par les spermogonies jeunes. Lorsqu'on évite par un moyen quelconque (isolement du milieu extérieur par mise en sac par exemple) on inhibe le développement de la tumeur et par suite celui des écidies (hétérothallisme).

Lorsque, pour une raison quelconque, les spermogonies ne sont pas fécondées, elles meurent dans un délai de 10 à 15 jours après leur formation. Elles apparaissent alors noires au centre de macules bordées de nouvelles spermogonies de couleur vive. Ces spermogonies périphériques continuent à se développer concentriquement et produisent des spermaties. C'est d'une telle évolution que vient l'aspect des tumeurs écidiennes en anneau, correspondant à une fécondation tardive des spermogonies périphériques.

Nous avons pu, en effet, provoquer le dessèchement des spermogonies par l'isolement du milieu extérieur, en mettant la feuille sous un sachet

de cellophane. Le dessèchement des spermogonies peut également être provoqué par des conditions atmosphériques extrêmes : sècheresse, chaleur.

b) *Début de formation de la tumeur.* — Au moment où ce stade est visible, la décoloration de la face inférieure est remplacée par une formation liégeuse qui sera la surface de la tumeur. Un léger gonflement de la face inférieure de la feuille est visible dès que la fécondation a été réalisée et que le parenchyme lacuneux s'est recloisonné et a commencé à former le tissu tumoral. Ce mécanisme a lieu 10 à 20 jours après l'apparition des spermogonies. Son déclenchement est en relation avec les conditions atmosphériques qui favorisent le mélange du nectar des spermogonies de signes contraires.

Dans une jeune tumeur, le *primordium* apparaît sous forme d'un stroma à l'intérieur duquel se différencient rapidement des cellules dont les premières formées sont isodiamétriques, les suivantes étant plus allongées. Ces cellules formeront l'enveloppe caractéristique des écidies : le pseudopéridium.

Le *pseudopéridium* prend naissance à la périphérie des cellules écidiosporigènes à partir de cellules en tous points semblables à celles-ci. En effet, les éléments formés à la base des files de cellules sont identiques dans les deux cas : cellules fertiles donnant des chaînes d'écidiospores, cellules stériles de la périphérie donnant le pseudopéridum. Nous avons pu observer la formation, le rejet sur le côté, et la dégénérescence de l'équivalent de la cellule intercalaire des files d'écidiospores. Nous pensons même que l'espace qui sépare le pseudopéridium du péridium correspond en partie à l'emplacement occupé par les déchets de cette cellule. De plus, les mouvements du pseudopéridum sous l'influence des variations atmosphériques sont facilités par cet espace.

Les cellules pseudopéridiales restent jointives et forment une cage à l'intérieur de laquelle se développent les écidiospores. Les premières cellules formées sont isodiamétriques ; elles constituent l'apex qui est repoussé par la croissance basifuge de la file. C'est le rôle protecteur du pseudopéridium jeune, avant l'épanouissement de l'écidie.

c) *Apparition du pseudopéridium.* — Le temps écoulé entre le début du stade précédent et celui-ci correspond à la formation de la tumeur et au développement des écidies dans son intérieur. Le pseudopéridium arrive à la surface de la tumeur et crève l'assise liégeuse qui la recouvre. Il faut 7 à 20 jours après le début de la formation de la tumeur pour voir apparaître en surface l'apex du pseudopéridium.

Pendant ce temps, les écidiospores se forment sans arrêt : pour former les écidiospores (fig. 42), l'hyphe s'arrondit à son extrémité ; celle-ci s'allonge ensuite et une cloison la sépare de l'hyphe lui-même, isolant

ainsi un noyau dikaryotique. Cette cellule s'allonge et se divise en une cellule supérieure arrondie (écidiospore) et une cellule basale étroite et

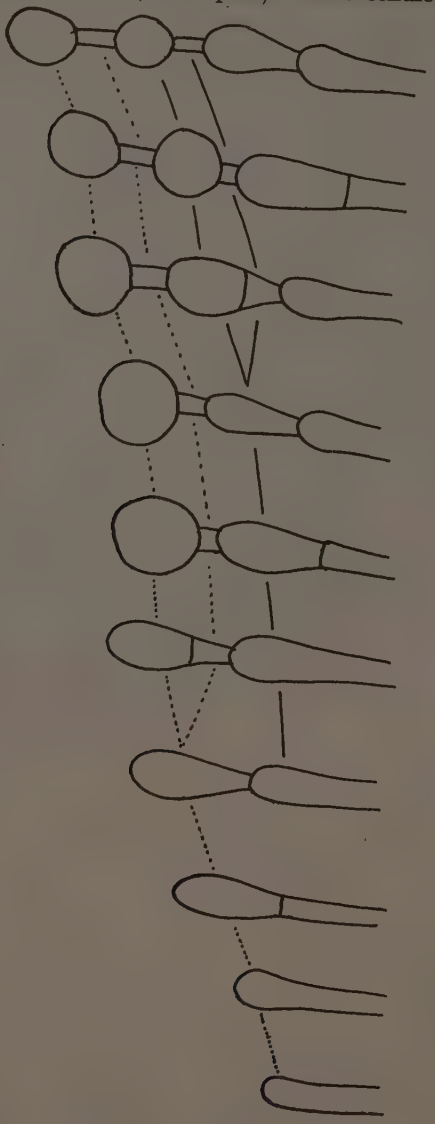


FIG. 42. — Evolution de l'hyphe écidiosporigène et formation de la spore et de la cellule intercalaire.

allongée (cellule intercalaire). Cette dernière s'allonge avec l'âge en même temps que l'hyphe continue à donner de nouvelles cellules basales. La cellule intercalaire disparaît (dégénérescence, gélification, F. MOREAU, 1952, I, p. 628) et il ne reste que des files d'écidiospores. L'évolution de

ces files d'écidiospores et de cellules intercalaires est résumée dans la figure 42.

Les écidiospores restent entassées à l'intérieur de l'écidie ; elles ne sont libérées que par le jeu du pseudopéridium sous l'influence des variations d'humidité.

d) *Maturité des écidiospores.* — Le pseudopéridium continue à se développer à l'extérieur de la tumeur ; il atteint une longueur de 0,3-0,6 mm et jusqu'à 1 mm. Sous l'influence des conditions atmosphériques et sous la pression de la masse des spores, l'apex se déchire, offrant aux spores la possibilité d'être expulsées. Ce stade a lieu 4 à 6 jours après l'apparition du pseudopéridium.

Nous basons cette maturité sur l'ouverture de l'apex, les laciniations des marges de l'orifice apical et les fenêtres ou boutonnières latérales.

Les conditions atmosphériques (humidité en particulier) provoquent par leurs variations une série de contractions (enroulement) et d'extension du pseudopéridium favorisant ainsi la projection des écidiospores.

Nous avons représenté graphiquement l'évolution de la phase écidienne que nous venons de détailler. Nous donnons une courbe moyenne de cette évolution, les résultats étant semblables sur Cognassier et Aubépine.

Sur le tableau H (p. 103) nous indiquons en abcisse les étapes de développement à partir de l'inoculation, en ordonnée la durée du développement en jours.

b) **Biologie des hôtes**

Nos essais d'inoculations n'ont donné des résultats positifs que sur *Crataegus monogyna* et sur *Cydonia*. Nous étudierons donc la biologie de ces deux Rosacées.

1° *Crataegus monogyna* : Nous donnons ci-dessous le développement moyen de cette Rosacée dans notre région, en suivant les stades phénologiques comparables à ceux établis par FLECKINGER (fig. 43) :

O. Bourgeon dormant.	
A. Gonflement	1er au 10 mars
B. Rupture	15 au 20 mars
C. Éclatement	20 au 25 mars
D. Bouton vert	25 au 31 mars
E. Apparition des pétales	5 au 10 avril
F. Floraison	20 avril
G. Chute des pétales	25 avril
H. Nouaison	5 mai
I. Fruit vert (taille du fruit mûr)	10 août
I3. Fruit rouge	Début septembre
J. Chute des feuilles	15 novembre

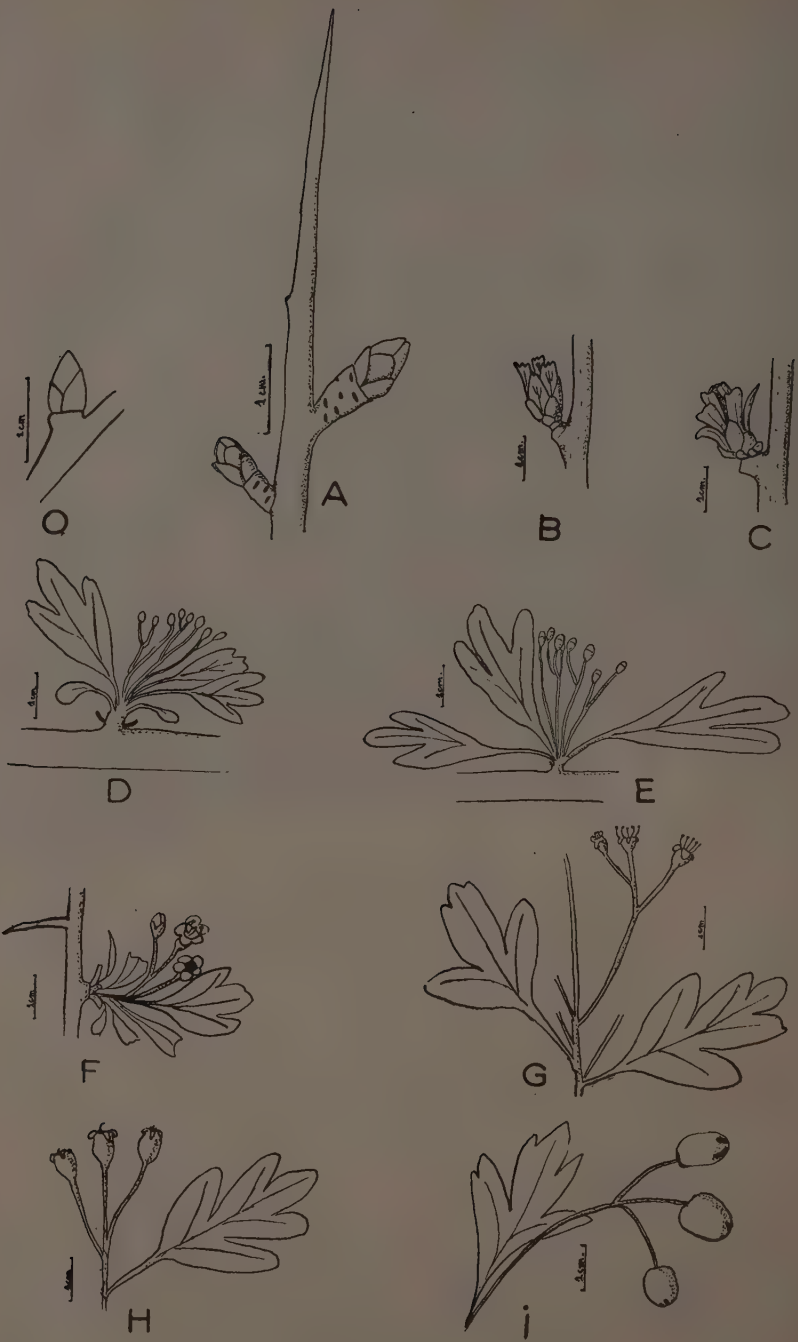


Fig. 43 — Stades-repères de *Crataegus monogyna*.

Etude de l'épiderme foliaire et de sa cuticule. — La plus grande sensibilité du *Crataegus monogyna* par rapport aux autres Rosacées, nous a incité à étudier le développement de l'épiderme et de sa cuticule (fig. 44). Nous avons déjà noté la rétention plus grande de l'eau à la surface de la feuille.

Des coupes effectuées dans la feuille nous montrent qu'au niveau des nervures, la surface foliaire supérieure est rugueuse. Ces rugosités d'origine cuticulaire contribuent à augmenter la rétention de l'eau à la surface de la feuille et par suite favorisent la pénétration du parasite. L'évolution de la cuticule a été suivie sur des coupes colorées au Soudan III :

La jeune feuille pliée ne présente pas de cuticule différenciée à la face supérieure. Sur cette face la cutinisation débute au niveau des nervures lorsque la feuille est ouverte et progresse à partir de ces points. La cuticule devient ensuite épaisse et forme un revêtement important en Octobre.

A la face inférieure, la cutinisation est plus précoce ; cette face est en contact très tôt avec l'atmosphère ; une cuticule mince est déjà différenciée sur les feuilles pliées. Elle a son point de départ au niveau des stomates. Elle est importante sur la feuille étalée. D'autre part, nous avons constaté que les marges des feuilles sont également un point de départ de cutinisation, avec cependant des points faibles (non cutinisés) dans les sinus.

Tableau donnant l'évolution de l'épaisseur des cellules épidermiques et de la cuticule des deux faces de la feuille de *Crataegus monogyna.*

	Face supérieure		Face inférieure	
	Épiderme	Cuticule	Épiderme	Cuticule
27/3 — Feuille pliée	12 µ	—	9	0,3
27/3 — Feuille ouverte.....	12	—	9	0,5
27/3 — Feuille étalée	12	1	9	0,5
29/5 —	12	1	9	2
4/10 —	12	2,5	9	2

Nous avons constaté des différences de sensibilité en rapport avec la phénologie de l'hôte. C'est ainsi que des individus à développement précoce sont sensibles plus tôt (début Mars) puis deviennent résistants alors que d'autres plus tardifs ne sont sensibles que fin Mars début Avril. Il y là une relation entre l'âge des feuilles et par suite l'épaisseur de la cuticule et la pénétration des parasites. En effet, au début de la période de sensibilité le nombre de feuilles, par bouquet, qui peut être inoculé est voisin de la totalité des feuilles (10 à 15), alors que vers la fin de la période de sensibilité ce nombre est très réduit : une ou deux feuilles seulement, parmi les plus jeunes.

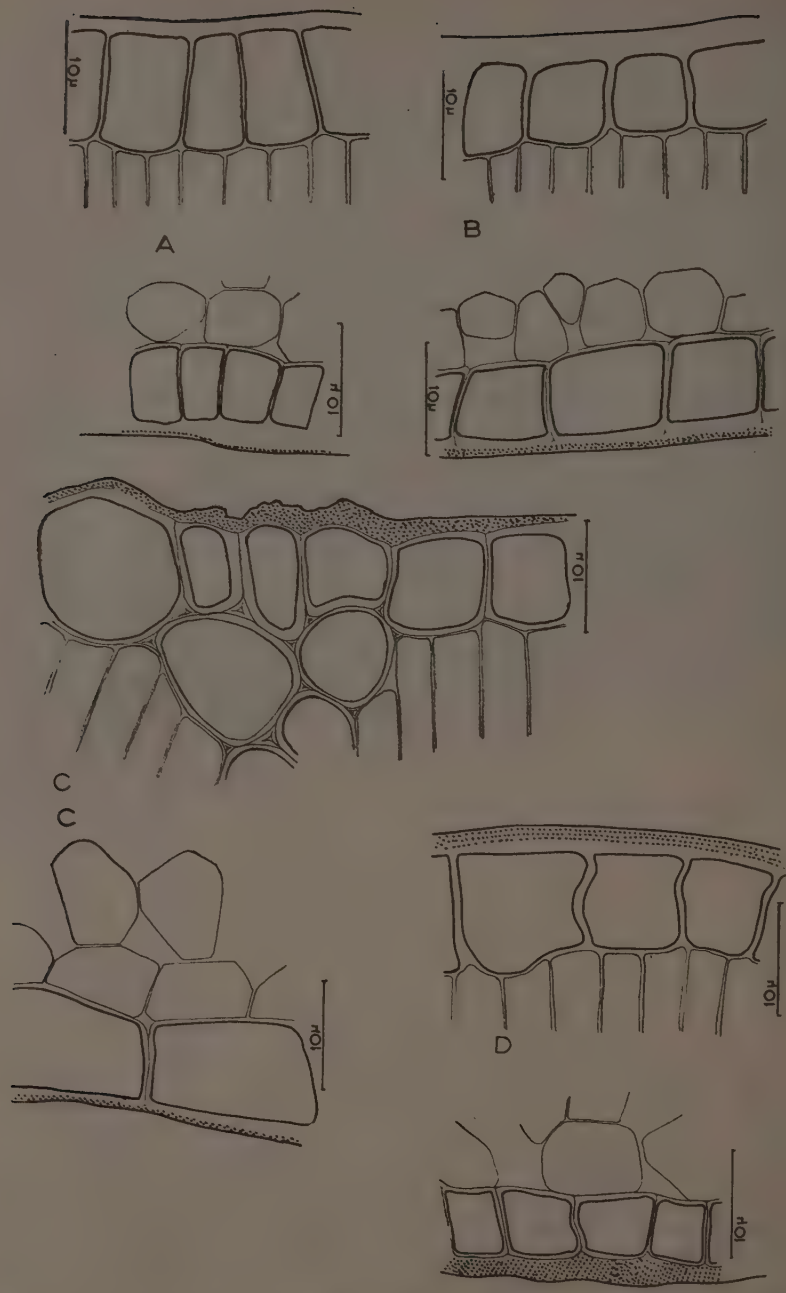


FIG. 44. — Evolution de la cuticule foliaire de *Crataegus monogyna*. — A. 27 mars : Feuille pliée, cuticule mince face inférieure. — B. 27 mars : Feuille étalée, cutinisation plus importante face inférieure. — C. 27 mars : Feuille plus âgée, cuticule importante sur les nervures à la face supérieure. — D. 29 mai : Cuticule bien développée sur les deux faces.

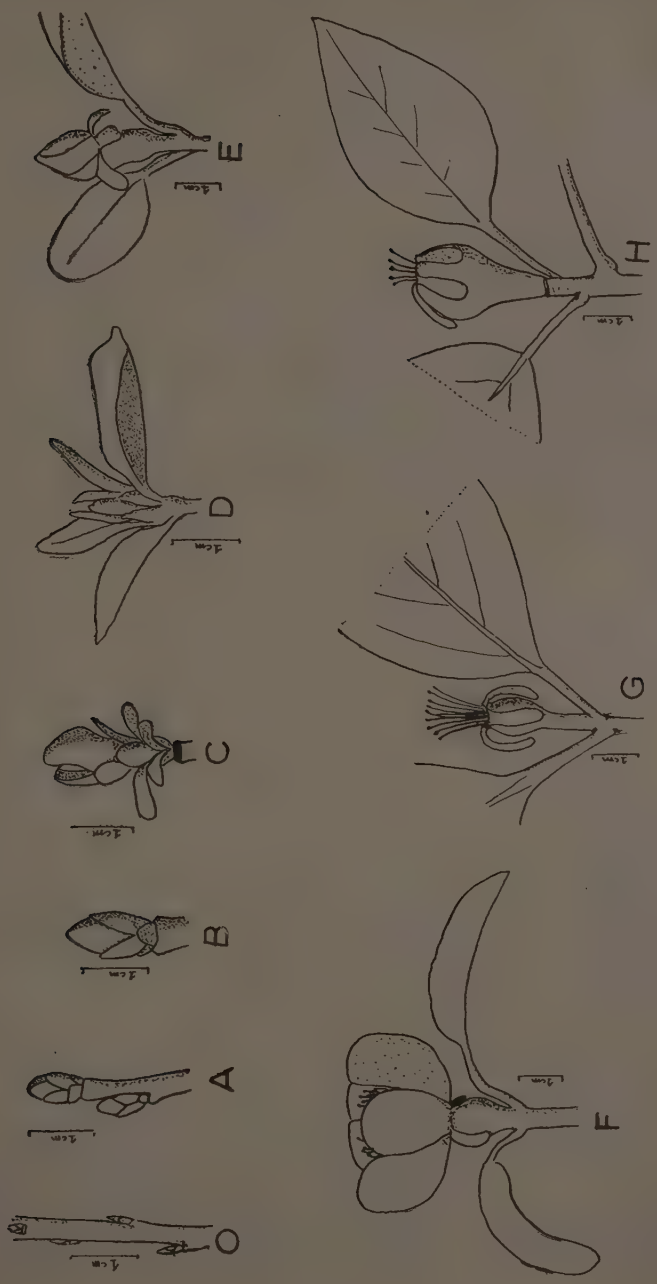


FIG. 45. — Stades-repères du développement du Cognassier.

2° *Cognassier* : Les deux variétés en expérimentation que nous avons suivies nous ont montré les variations phénologiques suivantes (fig. 45) :

	Var. *Portugal*	Var. *Champion*
O. Bourgeon dormant		
A. Gonflement	25 février	15 février
B. Rupture	8 mars	25 février
C. Éclatement	15-20 mars	8-16 mars
D. Bouton vert	25-27 mars	19-25 mars
E. Apparition des pétales	3-8 avril	25 mars-1er avril
F. Floraison	15-21 avril	3-10 avril
G. Chute des pétales	21-27 avril	12-20 avril
H. Nouaison	27-30 avril	21-27 avril
I. Maturité	25 septembre	25 septembre
J. Chute des feuilles	25 novembre	25 novembre

La var. CHAMPION (plus précoce) présente une sensibilité plus grande aux diverses espèces de *G.* étudiées, que la variété PORTUGAL.

Etude de l'épiderme foliaire et de sa cuticule (fig. 46) : La cutinisation apparaît très tôt sur le Cognassier. La face supérieure de la jeune feuille pliée présente déjà un début de cutinisation. Elle est plus visible sur la feuille ouverte ; la cuticule s'épaissit très rapidement, c'est une des raisons de l'immunisation du Cognassier vis-à-vis des *G.* Sur la face inférieure la cutinisation est encore plus rapide.

Tableau donnant l'évolution de l'épaisseur de l'épiderme et de la cuticule des deux faces de la feuille de *Cydonia*.

	Face supérieure		Face inférieure	
	Épiderme	Cuticule	Épiderme	Cuticule
27/3 — Feuille pliée	8 μ	0,1	9	0,3
27/3 — Feuille ouverte	10	0,2	9	0,5
27/3 — Feuille étalée (5 × 4 cm)	10	1	9	0,7
29/5 —	10	1,5-2	9	1
4/10 — var. *Portugal*	10	2	9	1
var. *Champion*	10	2	9	1,5

Evolution des poils de la feuille de Cognassier (fig. 47). Nous avons suivi l'évolution de ces poils et nous la résumons ainsi : Le poil du limbe foliaire est d'origine épidermique (A). A la face supérieure il est fugace. Son expulsion a lieu selon le schéma suivant : les cellules voisines de la cellule basale du poil se rapprochent par leur base (B-C), soulevant et repoussant la cellule pilifère vers l'extérieur (D). Il existe donc une cicatrice de chute (E) et nous avions pensé à son rôle de porte d'entrée pour le parasite. Cependant la cutinisation de l'épiderme foliaire commence au niveau des poils (avant leur expulsion). Ce processus a lieu très tôt ; à partir de l'ouverture du bourgeon jusqu'à l'étalement de la feuille, fin Mars. La cicatrice de chute est ainsi cutinisée ; ce n'est donc pas un point faible.

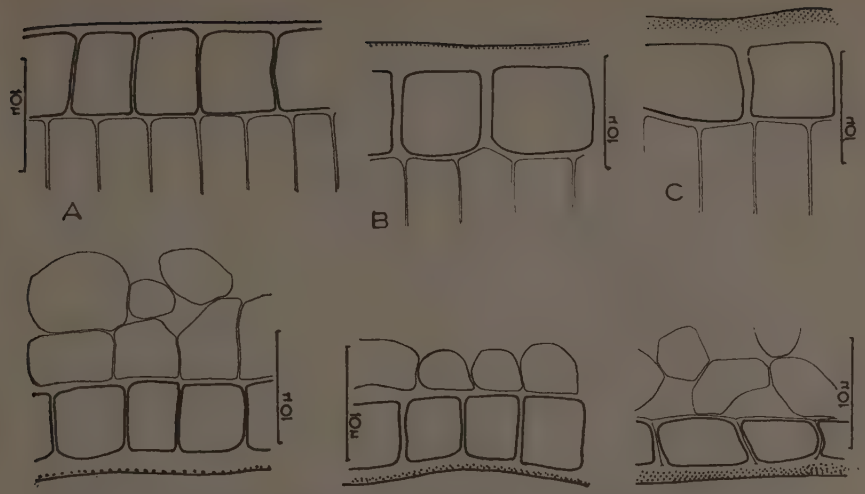


FIG. 46. — Evolution de l'épiderme et de la cuticule de *Cydonia*. — A : feuille pliée, cuticule mince face inférieure ; B : feuille étalée, légère cuticule face supérieure ; cuticule mince face inférieure ; C : feuille grande (5 × 4 cm), cuticule importante sur les 2 faces.

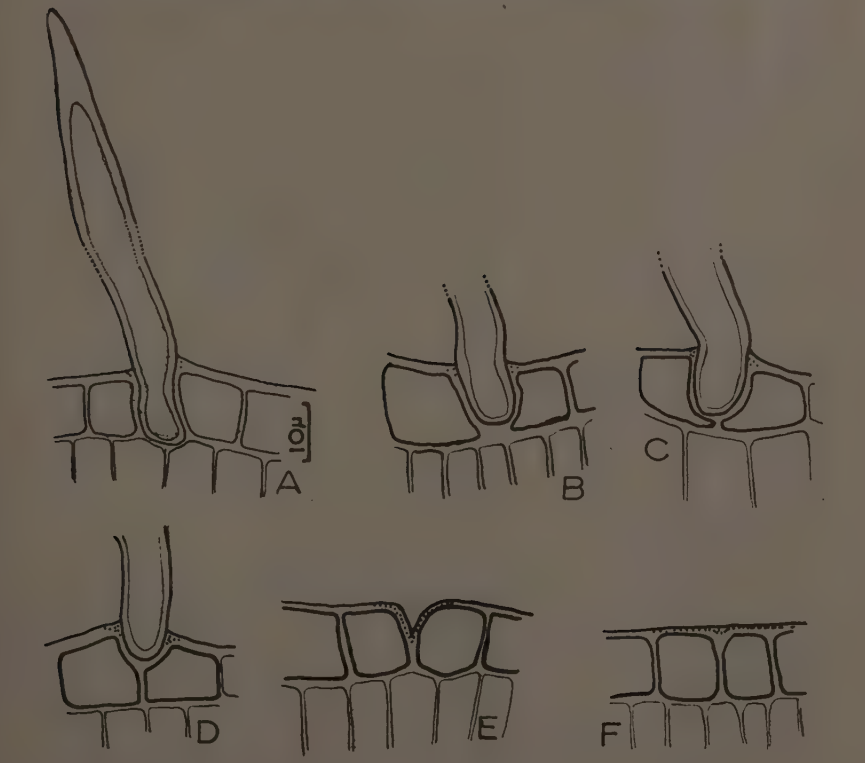


FIG. 47. — Mécanisme de chute des poils de la feuille de Cognassier.

c) Influence de quelques facteurs naturels sur la biologie de l'haplonte

1° Température. — La durée de l'incubation peut être réduite par une élévation de température. Nous avons pu le constater par des inoculations comparées, sur des individus en pleine terre et en serre. Sur ces derniers les symptômes sont apparus 3 jours plus tôt que sur des individus de la même espèce, en plein air.

La chaleur provoque l'évaporation des gouttelettes de nectar et de ce fait inhibe les possibilités de mélange.

2° Pluie. — Les périodes d'inoculation des Rosacées sont tributaires des pluies des mois de Mars et Avril. Selon leur nombre et leur intensité ces périodes peuvent être plus ou moins nombreuses. On peut n'avoir qu'une période pluvieuse étalée sur 2 ou 3 jours qui peut détruire tous les sores sur Genévrier ou au contraire, ce qui est le plus fréquent, avoir des pluies intermittentes séparées par des journées ensoleillées. On a alors une intrication d'une série d'inoculations à évolutions parallèles, mais décalées dans le temps, les dernières pouvant avoir une évolution plus rapide en raison de la température plus élevée.

La quantité de pluie minimum pour l'ensemble des phénomènes de l'infection est, nous l'avons vu, d'environ 4 mm répartis sur 15 h. environ. Cependant si l'atmosphère est déjà à un degré hygrométrique élevé, une pluie faible inférieure à 4 mm favorise l'émission des basidiospores et leur germination sur la Rosacée, le degré hygrométrique étant alors nécessairement supérieur à 90. Cela est valable pour l'infection de *Crataegus monogyna* qui a un pouvoir de rétention bien supérieur à celui du Cognassier.

Par temps pluvieux le mélange du nectar de deux groupes de spermogonies sur la même feuille peut avoir lieu par le simple jeu de la gouttelette de pluie qui ruisselle.

L'humidité de l'atmosphère (pluie, brouillard, rosée) favorise la formation des gouttelettes de nectar, leur maintien et par suite leur mélange. Le matin, en effet, le nectar est abondant par suite de la rosée, alors que dans la journée, la chaleur l'inhibe.

Les alternances d'humidité et de sécheresse provoquent des mouvements d'enroulement et d'extension du pseudopéridium qui provoquent des projections d'écidiospores : l'humidité fait enrouler cette enveloppe ; la sécheresse la déroule.

3° Vent. — Le vent provoque la dispersion des spores et agit sur le mouvement du pseudopéridium par sa nature (vent sec ou humide).

4° Animaux. — Les animaux jouent un rôle important dans la phase écidienne : en particulier les fourmis (*Tapinoma erraticum* Latr.),

et de nombreux autres insectes. Les uns et les autres vont d'une tache à spermogonies à l'autre et provoquent des mélanges de nectars.

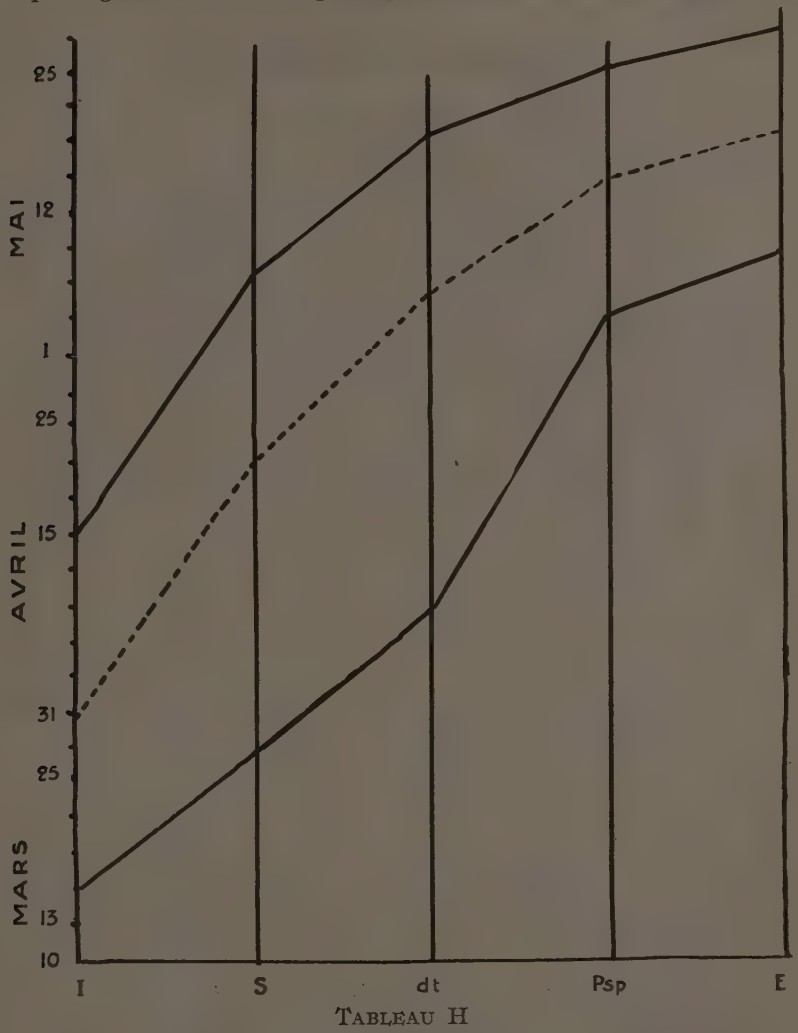


TABLEAU H

Evolution de la phase écidienne de G. gracile

I, inoculation ; S, spermogonies ; dt, début de tumeur ; Psp, pseudopéridium ; E, émission des écidiospores.

Les escargots, par contre, se nourrissent de tumeurs écidiennes déjà bien développées.

5° PARASITES. — Nous avons, à plusieurs reprises, rencontré des tumeurs écidiennes dont toutes les écidies étaient remplacées par des cous-

sinets violacés de conidiophores, couverts de conidies (8 µ de diamètre) et correspondant à *Tuberculina persicina* (Ditm.) Sacc.

IV — CONCLUSIONS

Le cycle du *G. gracile*, tel que nous venons de l'étudier en détails, est un des plus rapides pour notre région.

La représentation de l'évolution sur les Rosacées (tableau H), de l'inoculation à l'émission des écidiospores nous donne en début de saison une courbe en S qui indique une courte période d'incubation, une fécondation rapide qui entraîne un déclenchement de la tumeur ; cette tumeur se développe ensuite lentement pendant la formation des écidies.

Nous avons représenté une première courbe donnant l'évolution d'une infection précoce, une deuxième courbe d'évolution en fin de saison, enfin une courbe moyenne donne l'aspect général de cette évolution. Cette dernière correspond d'ailleurs à une série d'inoculations faites en période intermédiaire.

Cette étude nous servira de schéma type pour les autres espèces, en particulier en ce qui concerne la biologie qui, chez tous les *G.* du Bas-Languedoc est comparable.

CHAPITRE II

GYMNOSPORANGIUM CONFUSUM Plowr.

I. — HISTORIQUE

PLOWRIGHT (1888) décrit cette espèce en Angleterre sur *Juniperus sabina* ; il la détache du *G. fuscum* DC. espèce avec laquelle elle a été longtemps confondue en raison de la morphologie des spores.

FISCHER (1891) étudie ensuite cette espèce ; il fait des comparaisons morphologiques ainsi que des inoculations comparées qui lui permettent de préciser, et les hôtes écidiens, et la morphologie des écidies par rapport à *G. fuscum*. Il précise aussi les différences dans la durée des cycles de ces deux espèces.

KLEBAHN (1892 a) réalise des inoculations sur *Crataegus oxyacantha*, et précise aussi la durée du cycle, mais n'obtient d'abord que des spermogonies.

MAGNUS (1892) l'étudie sur *Cydonia*.

TUBEUF (1897) le signale sur *J. sabina* ; il rapporte aussi que la forme sur *J. communis* aurait d'après FISCHER son stade écidien sur *Cydonia*, *Cr. oxyacantha*, et *Pyrus communis*.

KLEBAHN (1904) le cite sur *J. sabina*, *J. virginiana*, *Cr. oxyacantha*, *Mespilus germanica*, *Cydonia vulgaris*.

FISCHER (1907) considère qu'il existe une forme très voisine de *G. confusum* qui parasite *Cotoneaster* et pour laquelle il créera (1917) le *G. fusisporum*.

TROTTER (1908) le signale sur *J. sabina* et *J. virginiana* ;

HARIOT (1908) rassemble les observations antérieures.

MAIRE (1914) et FISCHER (1927) signalent cette espèce sur *J. oxycedrus* dans la Languedoc. MAIRE en étudie les déformations sur Genévrier.

HEIM (1927) le trouve sur *Cotoneaster tomentosa* et *C. vulgaris*.

ARNAUD (1931) considère qu'il existe plusieurs formes voisines sur *J. oxycedrus* et dont une est identique à *G. oxycedri* Bres. Il pense en outre que *J. phoenicea* porte deux espèces voisines dont l'une est homologue du *G. confusum* et l'autre homologue du *G. fuscum*.

MAIRE et WERNER (1937) le citent sur *J. phoenicea* au Maroc.

JORSTAD (1943) l'a rencontré à Chypre. Il considère cette espèce comme une espèce collective que l'on rencontre sur *J. orycedrus* L., *J. excelsa* M. B., *J. phoenicea* L., *J. virginiana* L.

CUMMINS (1943) le signale en Asie sur *J. macropoda*.

VIENNOT-BOURGIN (1949) donne comme durée de l'incubation 7 à 12 jours.

SAVULESCU (1953) ne le signale que sur *J. sabina* en Roumanie.

Répartition

Cette espèce est considérée par la plupart des auteurs comme européenne ; nous dirons avec plus de précision qu'elle est euro-asiatique (fig. 47 bis).

FIG. 47 *bis*. — Carte de répartition de *G. confusum*.

En outre, HIRATSUKA (1936) ne le signale pas au Japon ; ARTHUR (1934) ne le signale pas en Amérique ; CROWELL (1940 a) considère cette espèce comme endémique et se basant sur la répartition de ses hôtes en fait une euro-asiatique.

En France, cette espèce existe dans la plupart des régions :

Alpes du Briançonnais : HEIM (1927).

Tarn : Monts de Lacaune, MAYOR (1931).

Charente-Inférieure (Société des Sciences Naturelles 1840).

Auvergne : BREVIÈRE (1903).

Pyrénées : DUFRENOY (1918, 1919).

Languedoc : MAIRE (1914), FISCHER (1927), ARNAUD (1931), LAGERHEIM (1899).

II. — LE CHAMPIGNON

A. — Synonymie

Décrit par PLOWRIGHT pour la stade télien et le stade écidien. Des rattachements consécutifs ont été faits nous citerons :

Aecidium mespili DC.

Aecidium cydoniae Lenormand.

Roestelia cydoniae Thum.

Gymnosporangium mespili Kern.

JORSTAD (1943) considère *G. confusum* PLOWR. comme une espèce collective à laquelle il rattache et met en synonymie *G. oxycedri* Bres. et *G. tauricum* Ericks.

B. — Cycle

De nombreux auteurs, en particulier, PLOWRIGHT, KLEBAHN, FISCHER, MAIRE et WERNER, JORSTAD ont trouvé ce parasite ou provoqué son apparition sur plusieurs *Juniperus* et Rosacées. Nous pouvons en dresser le tableau suivant :

Juniperus	Rosacées
—	—
sabina	Crataegus monogyna
virginiana	— altaica
phoenicea	— Fischeri
macropoda	— sanguinea
communis	— azarolus
oxycedrus	— orientalis
excelsa	Pyrus lanata
	Sorbus latifolia
	Sorbus torminalis

Nos essais d'inoculations nous ont donné les résultats suivants :

Crataegus ruscinonensis	> o
— monogyna	> o
Cydonia vulgaris	> o
Amelanchier ovalis	< o
Pyrus amygdaliformis	< o
— communis	< o
Sorbus domestica	< o

Les résultats de nos inoculations sont en faveur du rattachement de *G. oxycedri* à *G. confusum*.

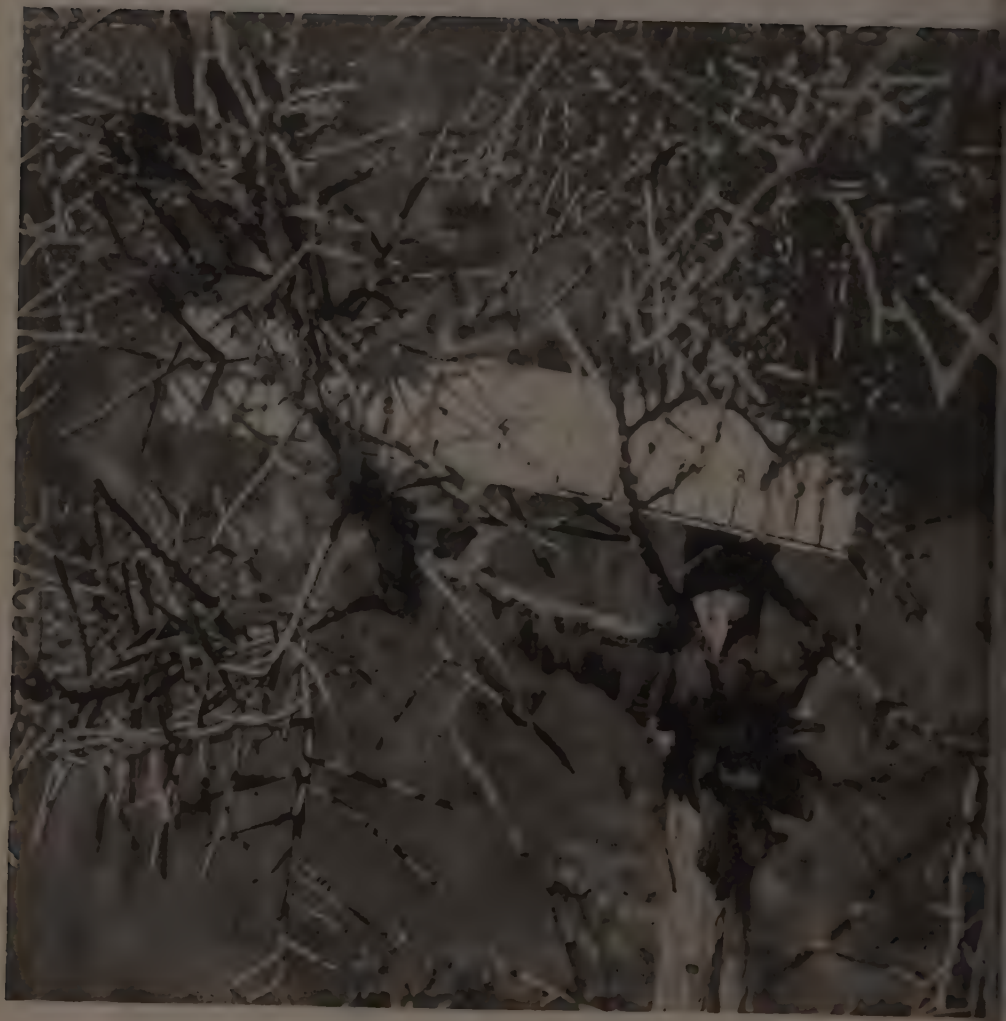


FIG. 48. — *G. confusum* sur *J. phoenicea*. Sores gélatineux. 27 avril 1951.

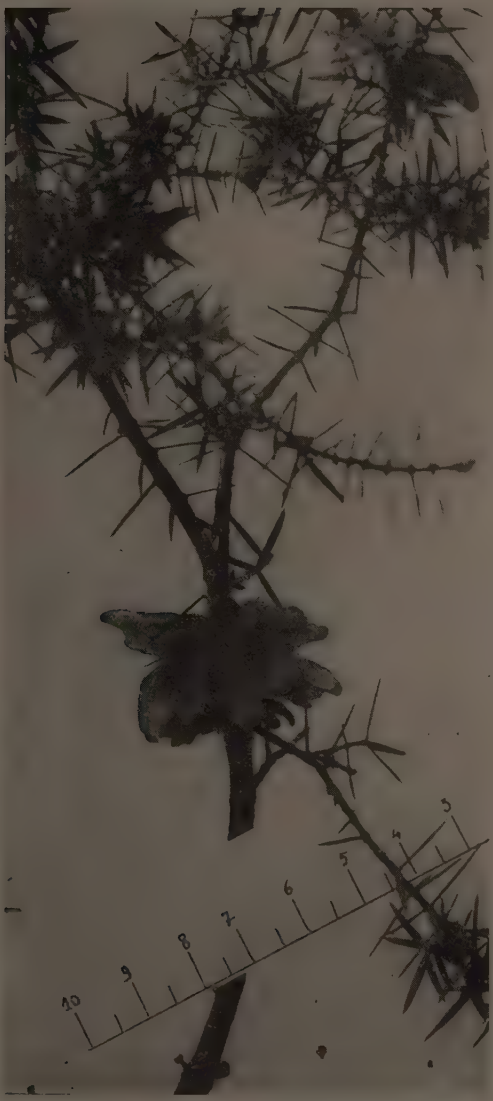


FIG. 49. — *G. confusum* sur *J. oxycedrus*. Sores gonflés sous la pluie. 17 mars 1951.

III. — ETUDE MORPHOLOGIQUE ET BIOLOGIQUE

A. — DIPLONTE

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

Le champignon provoque sur les rameaux de *Juniperus oxycedrus* et *J. phoenicea* des déformations pérennes fusiformes, plus ou moins allongées (6-8 cm) (fig. 48-49).

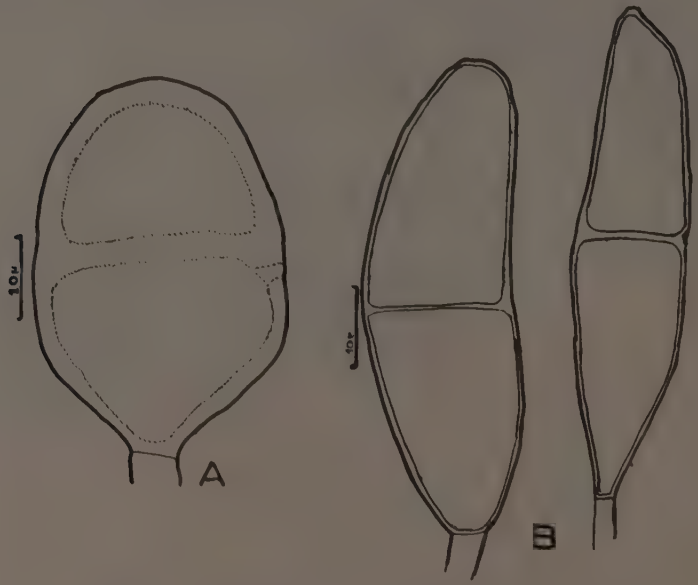


Fig. 50. — *G. confusum*. — A : Spore trapue à membrane colorée ; B : Spores allongées à membrane claire.

1° Sores. — Sur ces déformations se développent annuellement au début du printemps, des sores qui atteignent 5-8 mm de long à l'état sec, très volumineux à l'état gonflé : 2 × 1 cm, et dont la couleur brun très foncé à sec est brun clair humide.

2° Spores. — La plupart des auteurs, bien qu'ayant vu les deux types de spores ne donnent en référence que les dimensions des spores trapues. A notre avis, il faut considérer, aussi, les dimensions des spores allongées. Fischer (1891) seul, précise les dimensions des spores allon-

gées pour lesquelles il donne 49-60 × 14 μ et pour les spores trapues : 35 × 21-25 μ.

Nos mensurations ont donné (fig. 50-51) :

Spores trapues : 35-48 × 23-28 μ, membrane épaisse 2-3μ, brun foncé, à contenu orangé foncé. Ces spores sont caractérisées par leur cellule supérieure nettement arrondie en comparaison de celle de *G. fuscum* (pyriforme).

Spores allongées : 50-60 × 14-18 μ, membrane mince incolore 1-1,5 μ ; contenu jaune orangé.

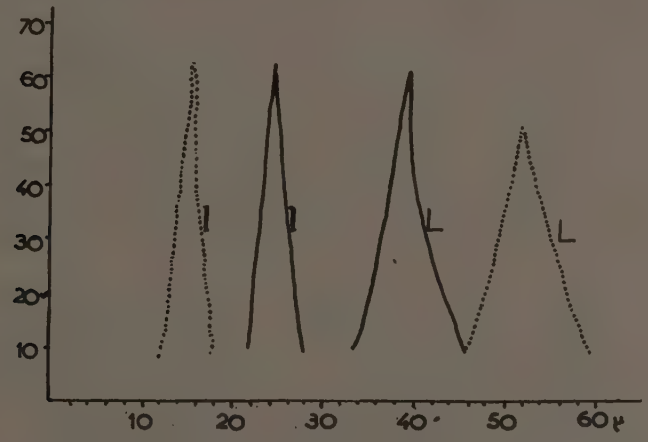


FIG. 51. — *G. confusum*. — Courbes des longueurs (L) et largeurs (l) des téliospores. — En trait plein : spores trapues ; en pointillé : spores allongées.

Le pédicelle est très long : jusqu'à 120 × 4 μ.

La base du pédicelle est épaissie.

Dans les deux types de spores nous retrouvons deux pores par cellule, situés près de la cloison, et un rétrécissement très faible ou même nul au niveau de la cloison.

Basides : 84 × 6-7 μ.

Basidiospores : 14-16 × 10-12 μ.

b) **Morphologie des hôtes**

Juniperus oxycedrus a été étudié plus haut.

Juniperus phoenicea L, ou Genévrier de Phénicie.

Arbuste dioïque ou plus généralement monoïque à feuilles imbriquées, ternées.

c) Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du complexe hôte-parasite

1° Morphologie. — Sur la portion parasitée du rameau de Genévrier oxycèdre les feuilles tombent plus rapidement ; il se trouve ainsi entièrement dénudé avec cependant parfois un départ de rameau latéral dont la base est aussi déformée. On rencontre de telles déformations sur toutes les portions de l'individu ; cependant sur les grosses branches elles sont rares ; en effet, le fuseau est pérenne, mais il entraîne la mort de la branche à une échéance plus ou moins longue.

Sur le Genévrier de Phénicie la déformation des rameaux est faible au point qu'elle peut passer inaperçue en dehors de la période de sporogénèse, si ce n'est l'absence des ramifications latérales sur cette portion parasitée. La tumeur est plus allongée, 10-15 cm, mais son diamètre est inférieur au double du rameau sain. En outre, on rencontre les déformations sur des rameaux plus âgés que sur *J. oxycedrus*.

2° Anatomie. — *a*) Sur *J. oxycedrus*, une jeune déformation correspond à :

— une hypertrophie et une hyperplasie de l'écorce. Un épais mycelium occupe les espaces intercellulaires ;

— le liber est réduit et les éléments anciens (liber primaire) sont écrasés et même détruits. Les fibres libériennes ne sont pas atteintes (fig. 53). Les cellules actives sont faiblement parasitées ; elles sont pénétrées par quelques suçoirs au voisinage des rayons médullaires empruntés par le mycelium (fig. 52).

— le bois est réduit et conserve un grand nombre de rayons médullaires qui servent de passage au mycelium qui ne pénètre pas la moelle sclérenchymateuse.

Sur un fuseau âgé, on constate la réduction de l'écorce et le développement de la vascularisation. Cependant le liber primaire n'est plus visible ; le liber secondaire ne forme pas un anneau complet ; il est coupé par de nombreux rayons médullaires. Le bois se développe mais la zonation annuelle n'est plus visible.

b) Chez *J. phoenicea*, les modifications anatomiques sont moins importantes en raison de la faible hypertrophie du rameau. L'écorce est, encore ici, le tissu de prédilection du champignon. Le parenchyme cortical est envahi et les éléments cellulaires dissociés sont légèrement hypertrophiés. Par la suite, ce tissu réagira à la présence du champignon par une subérisation de ses éléments. L'assise subéreuse externe jeune (avant la différenciation de subérine) peut aussi être envahie et détournée de son rôle. Il ne se forme plus de liège ; c'est pourquoi on trouve des rameaux âgés particulièrement chancreux ; cependant ces chancres arrivent à cica-

triser car le processus de subérisation finit par l'emporter au moins partiellement.

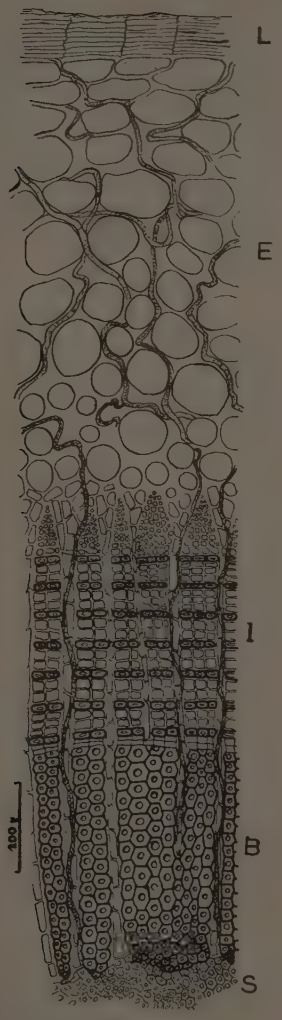


FIG. 52. — *G. confusum.* — Coupe d'un fuseau sur *J. oxycedrus* (rameau de 3 ans) : L, liège ; E, écorce parenchymateuse dissociée ; l, liber ; B, bois.

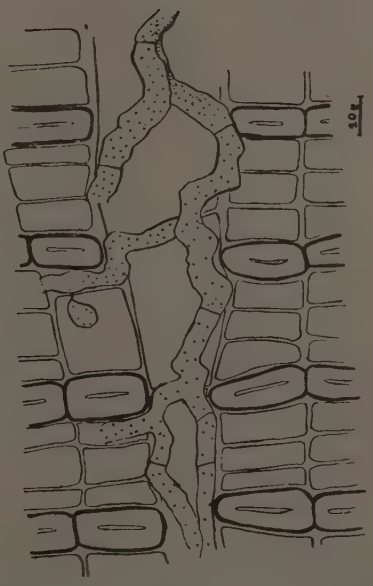


FIG. 53. — *G. confusum* sur *J. phoenicea.* — Mycelium dans un rayon médullaire dans le liber.

Le liber est pénétré comme chez *J. oxycedrus*, c'est-à-dire que le mycelium suit les rayons médullaires et peut envoyer des suçoirs à l'intérieur des cellules qui le bordent. Les fibres libériennes sont intactes. De

plus, nous avons parfois observé le mycelium entre les cellules actives du liber.

Le bois n'est pas pénétré. Seuls quelques filaments s'avancent dans les rayons médullaires mais ne pénètrent pas la moelle scléreuse.

3° Physiologie. — *a*) Sur *J. oxycedrus*. La présence du parasite entraîne une chute précoce des feuilles, la deuxième année soit un an plus tôt que la normale, au niveau de la déformation. La croissance du rameau au-dessus du fuseau se trouve réduite ; la figure 54 donne la comparaison de la croissance d'un rameau sain et d'un rameau parasité. Ce dernier a une croissance réduite qui se traduit par la réduction du nombre des entrenœuds et de leur longueur. La taille des feuilles et leur constitution anatomique ne sont pas modifiées.

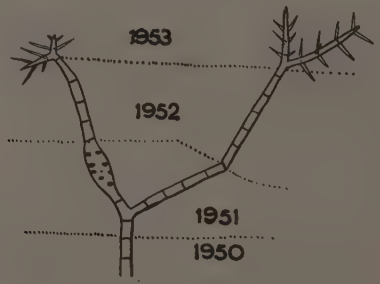


Fig. 54. — *G. contusum* sur *J. oxycedrus*.
Comparaison de la croissance annuelle d'un rameau sain et d'un rameau parasité.

Action sur la floraison et la fructification : Sur les pieds mâles les rameaux parasités sont, en général, stérilisés ; sur les pieds femelles la floraison est seulement réduite. On trouve en effet fréquemment des baies, parfois déformées, sur le fuseau lui-même et au-dessus du fuseau.

Longévité du fuseau : La déformation sur *J. oxycedrus* persiste plusieurs années pendant lesquelles elle émet annuellement des sores. Après la chute des sores une cicatrice liégeuse se forme et à cet emplacement il n'y a plus possibilité de formation de sores. De cette façon la surface du fuseau se trouve parsemée d'un certain nombre de plages subéreuses chaque année.

Le fuseau s'accroît vers ses extrémités ; cependant cette croissance n'est pas suffisante pour permettre au parasite d'émettre librement des sores. Aussi, après plusieurs années d'activité, environ une dizaine, le fuseau meurt et entraîne dans sa mort la partie supérieure de la branche.

Des essais d'incision annulaire ont été tentés : nous avons constaté, comme dans le cas du *G. gracile*, la réduction de la taille des sores tant à l'état sec, qu'à l'état gonflé, mais les spores avaient le même pouvoir germinatif.

b) Sur *J. phoenicea*. La croissance de la portion du rameau située au-

dessus de la zone parasitée est réduite. La floraison et la fructification sont nulles.

Longévité de la zone parasitée. Le champignon exerce son action sur une zone étendue. De plus, comme nous l'avons déjà vu dans l'étude anatomique, il peut empêcher la subérisation de certaines zones et par suite provoquer la mort du rameau par la formation des zones chancreuses.

Nous avons également constaté que chez ce Genévrier le mycelium progresse vers la base du rameau à partir du moment où se manifeste la mort de la partie supérieure.

2. — Biologie du diplonte

a) Conditions générales de développement du parasite

Sur la partie hypertrophiée du rameau, on voit vers le milieu du mois de Janvier des boursouflures qui correspondent à la formation des stromas sporigènes. A leur surface et avant la rupture du liège, on observe la formation de spores trapues à membrane colorée. Comme pour *G. gracile* les sores n'apparaissent pas sur le rameau de l'année. Cependant sur le jeune rameau la chute des feuilles est un indice de la prochaine formation de la tumeur. Les sores apparaissent alors en premier lieu au niveau des cicatrices de chute des feuilles.

Dès les premiers jours de Février, la poussée des stromas sporifères provoque l'éclatement du liège et le sore, foncé, apparaît ; il s'allonge progressivement pour atteindre sa taille normale vers le 5-10 Mars. Pendant ce temps, se sont développées intérieurement au sore les spores allongées. La surface du sore est couverte par les spores trapues protectrices ; les spores allongées faiblement colorées se trouvant à l'intérieur. A la faveur des conditions météorologiques (pluie, température) des séries de gonflement des sores se produisent et provoquent la germination des téleutospores. Ce mécanisme peut durer jusqu'à la fin du mois de Mars ; il est essentiellement tributaire des conditions météorologiques comparables à celles nécessaires à *G. gracile*.

Le gonflement donne aux sores des dimensions importantes au point qu'ils peuvent fréquemment entrer en contact et se souder en une masse informe. Les sores gonflés présentent des plages foncées (spores trapues) séparées par des canalicules plus clairs laissant apparaître les spores allongées.

Par dessèchement les sores se plaquent contre les rameaux. Après la chute des sores, le stroma basal se dessèche et il se forme une cicatrice de chute qui reste toujours visible sur le fuseau.

Températures de germination des téleutospores : (fig. 55)

7°	7 %
12°	28 %
13°	80 %
19°	74 %
22°	45 %
28°	15 %
36°	0 % agglutination

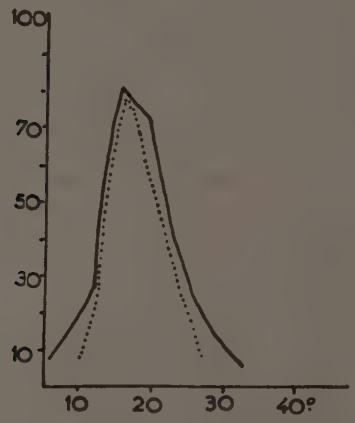


FIG. 55. — *G. confusum.* Courbe des températures de germination : téleutospores (trait plein). — basidiospores (pointillé).

b) **Biologie des hôtes**

J. oxycedrus a été étudié précédemment.

Juniperus phoenicea L. — C'est un arbuste qui se trouve dans notre région à la limite nord de sa zone de végétation (MOLINIER, EMBERGER). Il est très abondant au Maroc où il caractérise l'étage méditerranéen semi-aride (EMBERGER, 1936, 1938, 1939). Il est plus rare dans l'étage méditerranéen subhumide, étage auquel appartient le Languedoc méditerranéen.

C'est, de tous les Genévriers de la flore française, celui qui est le plus caractéristique des climats secs et chauds (GAUSSEN, 1952). Sa répartition est sous la domination étroite du climat. Au point de vue du sol il est indifférent (EMBERGER, 1939). On le rencontre sur les dunes maritimes et cordons littoraux au Maroc et en France : Bois des Rièges, en Camargue (TALLON, 1931), Lansac (B. du Rhône) (DECROCK, 1912). Dans le nord du département de l'Hérault on le rencontre à Navacelles (BRAUN-BLANQUET, 1933).

Au point de vue de son écologie, ce Genévrier accepte la dégradation du sol, même poussée à l'extrême (sables). En France sa croissance est

très lente ; il se trouve localisé sur des calcaires dénudés à sol très mince, ou dans les fentes des rochers (fig. 56). Il supporte les froids en hiver, la sécheresse en été.

Au point de vue phytosociologique, dans la région que nous avons prospectée, nous pouvons dire que *J. phoenicea* appartient au *Rosmari-*

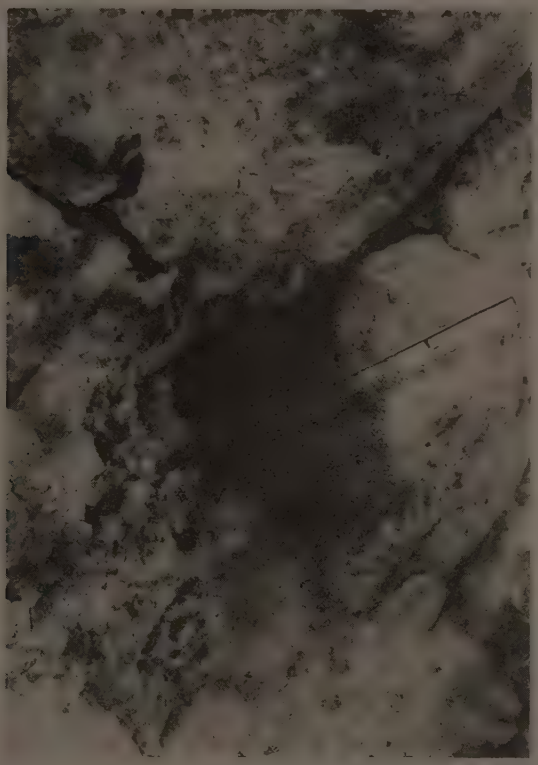


Fig. 56. — *J. phoenicea* dans une anfractuosité de rochers. — Grabels.

neto-lithospermetum Br. Bl. sous-associations : *juniperetosum phoeniceae* Mol. à Grabels, *ericetosum* Br. Bl. à Fontfroide.

Phénologie. — La formation des fleurs a lieu à l'automne ; la floraison (pollinisation) a lieu au printemps. Les fleurs mâles se forment sur les ramifications terminales des rameaux ; les fleurs femelles se forment à l'extrémité des ramifications inférieures des pousses de l'année. Les baies sont mûres la deuxième année qui suit la fécondation.

Le rameau principal atteint dans l'année une longueur de 15 à 20 cm.

Evolution des fleurs mâles (fig. 57) :

Formation de la fleur	Fin septembre
Sacs polliniques visibles	15 janvier
Début pollinisation	10 février (par temps chaud et sec)
Pleine pollinisation	1er-5 mars
Fin de la pollinisation	10 mars

Evolution des fleurs femelles (fig. 58) :

Bouton floral	Fin septembre
Gonflement	20 octobre
Éclatement	2 décembre
Épanouissement	28 décembre
Nouaison	20 mars
Jeune fruit	avril
Fruit vert	septembre
Fruit mûr	Année suivante

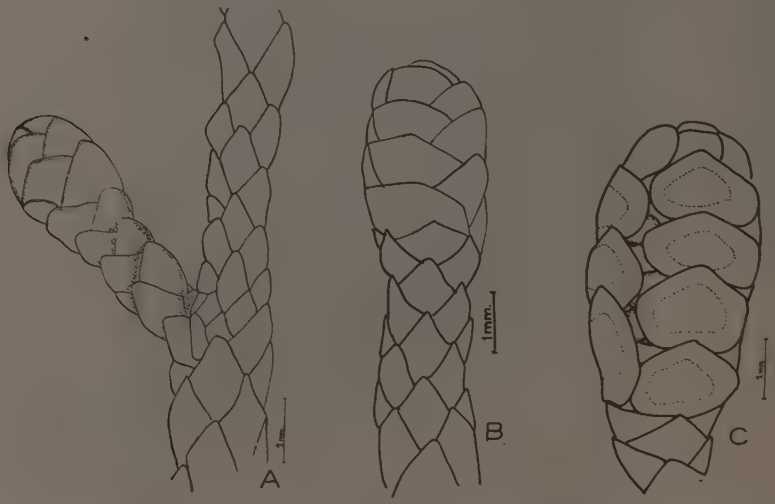


FIG. 57. — *J. phoenicea*. — Développement de l'inflorescence mâle.
A : septembre ; B : octobre : C : décembre ; D : pollinisation (non figurée) mars.

c) Influence de quelques facteurs naturels sur le développement du champignon

1° TEMPÉRATURE. — Ce *Gymnosporangium* apparaît très tôt en hiver (même fin Janvier), ce qui prouve sa résistance au froid. Nous l'avons même vu apparaître sur des rameaux bas de Genévrier oxycèdre pendant qu'ils étaient enfouis sous la neige. Celle-ci avait vraisemblablement agi en protégeant les rameaux du froid extérieur. Les spores formées dans ces conditions ne sont que des spores trapues à membrane épaisse (caractère de résistance au froid), d'ailleurs toujours les premières formées. Cependant les températures trop basses sont nuisibles aux spores allongées. En

effet, le 3 mars 1946 une gelée de l'ordre de — 5° a détruit de nombreux sores ; les spores avaient un aspect ratatiné.

2° Lumière. — D'une manière générale, chez *G. confusum*, les sores apparaissent en premier lieu sur la face inférieure des fuseaux et à l'exposition nord, donc à une orientation recevant le moins de soleil. Ceci est en opposition avec ce qui a lieu pour *G. gracile*. *G. confusum* est en effet une espèce beaucoup plus nordique que *G. gracile*.

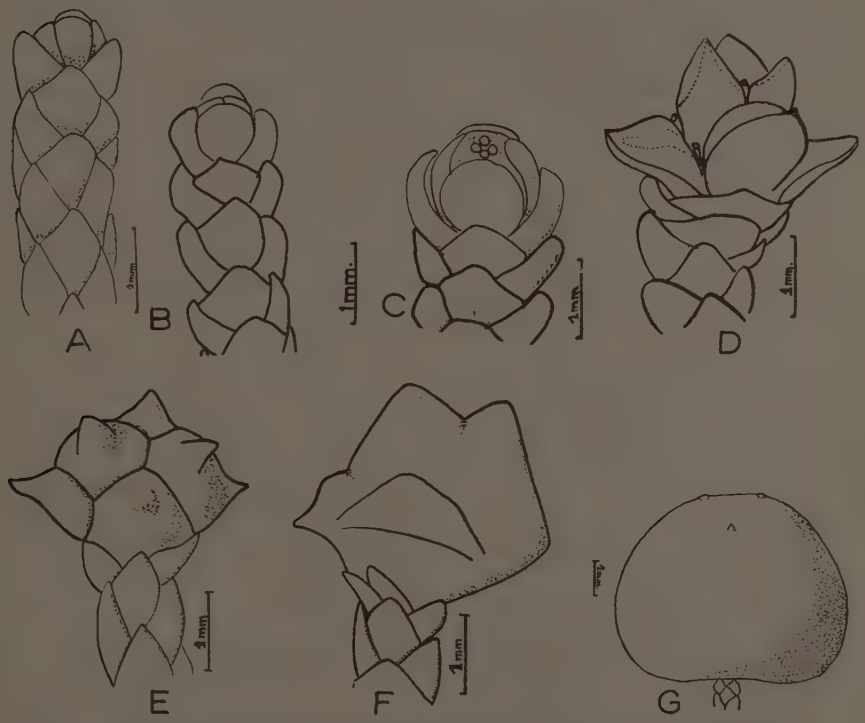


Fig. 58. — *J. phoenicea*. — Développement de l'inflorescence femelle. — A : septembre ; B : octobre ; C : novembre ; D : décembre ; E : mars ; F : avril ; G : septembre.

3° Pluie. — Les remarques faites pour *G. gracile* sont également valables pour cette espèce. Cependant nous ajouterons que *G. confusum* est plus volumineux par rapport à sa masse sèche. De plus, le fuseau étant dénudé, une forte pluie associée à un vent violent provoque facilement la chute des sores.

4° Vent. — Le vent joue pour cette espèce un rôle important en provoquant la chute des sores volumineux à l'état gonflé.

5° Animaux. — Les sores gélifiés sont un pôle d'attraction pour de nombreux Arthropodes qui se nourrissent de leur masse. Des Mollusques :

Escargots (*Cryptomphallus aspersa* Muller, *Eobania vermiculata* Muller), Limaces, se nourrissent aussi de sores non gonflés. On trouve enfin fréquemment des Iules (*Schizophyllum rutilans* Koch) parmi les sores.

On retrouve dans les excréments de ces animaux des téliospores qui ne semblent pas avoir été digérées ; les basides, basidiospores et pédicelles ne se retrouvent plus ; il est possible que tous ces organes aient été digérés.

Enfin nous avons pu observer des fuseaux dont les tissus avaient été rongés et dont seuls restaient quelques piliers en dessous des cicatrices de chute des sores. De telles attaques entraînent la mort du rameau au-delà du fuseau.

Enfin il nous a été fréquemment permis d'observer des larves rouges de Diptères mycophages dans les sores gélifiés (*Mycodiplosis*?).

B. — HAPLONTE

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

Des inoculations répétées nous ont permis de suivre le développement de la phase écidienne de *G. confusum*.

1° Spermogonie. — Ces organes se forment sur des taches vivement colorées : orangé, bordées de rouge ou pourpre. Les spermogonies ont la constitution classique ; elles mesurent 195-240 × 165-230 μ. Elles ont une forme conique plus ou moins aplatie ou allongée. Elles sont constituées par un stroma à la surface duquel se différencient des hyphes qui produiront les spermaties. Ces dernières mesurent 6 × 3 μ ; elles sont fusoïdes, pointues aux extrémités, hyalines.

2° Écidie. — Les écidies se forment à l'intérieur de tissus pathologiques, c'est-à-dire développés à la suite de l'action du parasite.

Elles apparaissent extérieurement à la tumeur par un prolongement du pseudopéridium. La partie externe du pseudopéridium est cylindrique ; elle mesure 0,5-0,8 (plus rarement 1) × 0,2 mm ; elle est brun canelle, laciniée à l'extrémité seulement, sur 0,1 mm environ.

En coupe, les écidies ont la structure que nous avons donnée pour *G. gracile* : un stroma qui donne à la périphérie un péridium et au centre une masse d'hyphes dont l'assise périphérique donne le pseudopéridium.

Le pseudopéridium a des cellules terminales isodiamétriques : 45-50 × 30 μ. On passe progressivement à des cellules plus longues au voisinage de la surface de la tumeur : 85-90 × 16-21 μ. La membrane interne épaissie mesure 6,8 μ ; quant à la membrane externe, 3 μ.

L'ornementation de ces cellules est caractéristique (fig. 59). A un

faible grossissement elle apparaît formée de stries obliques ou longitudinales. A un grossissement plus fort ces stries apparaissent formées de verrues punctiformes très rapprochées ou allongées. Sur la face interne on distingue nettement des orientations de ces stries obliquement et longitudinalement. La face latérale, au contraire, ne présente que des ornementations disposées obliquement.

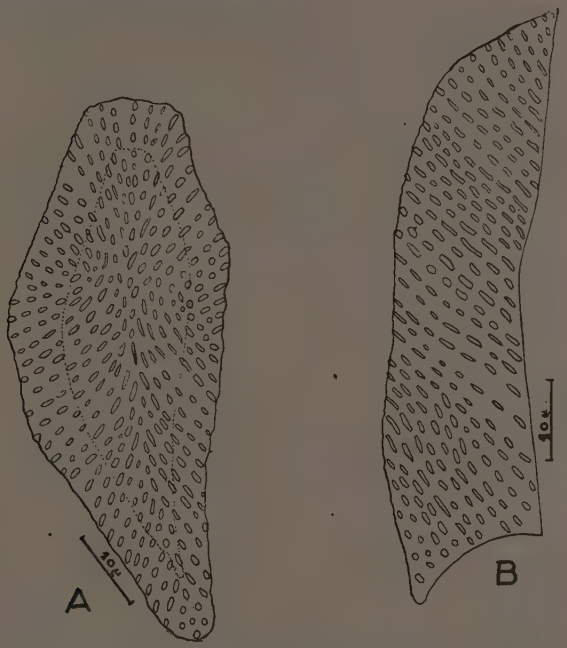


FIG. 59. — Face interne (A) et face latérale (B) des cellules pseudopéridiales de *G. confusum*.

Vers la base des files de cellules pseudopéridiales les dimensions de ces cellules diminuent.

Les écidiospores sont produites par des hyphes qui donnent des files de spores séparées par des cellules intercalaires qui dégénèrent rapidement. Comprimées à l'intérieur du sore, les spores apparaissent la plupart du temps polygonales : 23-27 × 20-23 µ. Leur membrane brune, 2,5-3,5 µ, est finement verruqueuse. Les verrues sont situées selon des lignes plus ou moins courbes. Ces spores ont 6-8 pores.

b) **Morphologie des hôtes écidiens**

Les hôtes que nous avons recensés comme hébergeant cette espèce sont : *Cydonia*, *Crataegus monogyna* et *Cr. ruscinonensis*. Pour deux d'entre elles les études ont été faites plus haut.

Crataegus ruscinonensis Grenier et Blanc. — Azerolier du Roussillon : C'est un arbrisseau indigène, peu épineux, à feuilles trilobées ; les fruits contiennent deux noyaux. Les exemplaires de cette espèce sont de plus en plus rares. Strictement méditerranéen, il était utilisé pour le bornage. C'est d'ailleurs en bordure de parcelles cultivées ou anciennement cultivées qu'on en retrouve des exemplaires isolés ; mais il est souvent détruit.

Les fruits mesurent 1-1,5 cm de diamètre et contiennent un ou deux noyaux. Ceux de *Cr. azarolus* Gouan ont 2-3 cm de diamètre et renferment 4 ou 5 noyaux. Cette dernière espèce est encore plus rare dans nos environs.

c) Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du parasitisme

Le *G. confusum* attaque tous les organes chlorophylliens des hôtes que nous avons indiqués. Il y provoque des déformations par excitation des méristèmes. Les feuilles sont le plus fréquemment atteintes ; elles présentent à la face inférieure une tumeur provoquée par une hypertrophie et une hyperplasie du tissu lacuneux. Les pétioles sont également atteints et nous avons pu observer des déformations importantes. Le pétiole peut ainsi atteindre un diamètre triple de son diamètre normal. C'est le tissu cortical qui est modifié ; le collenchyme du voisinage du faisceau vasculaire est également envahi mais non modifié. Des filaments mycéliens longitudinaux et transversaux intercellulaires le parcourent. C'est un autre exemple en faveur de l'attrait des Urédinées pour le collenchyme.

Les fruits et leur pédoncule sont également atteints ; les déformations sont comparables à celles que nous avons décrites pour *G. gracile*.

Physiologie. — Ici encore nous ferons les mêmes observations que pour *G. gracile*. La localisation des diverses attaques en des points vitaux provoque des troubles dans la physiologie de l'hôte. La surface foliaire ne remplit son rôle que partiellement ; l'attaque des pétioles peut entraîner la mort des feuilles ; l'attaque des fruits, qui se trouvent momifiés, est importante dans le cas du Cognassier.

2. — Biologie de l'haplonte

a) Conditions générales de développement du parasite

Nous ne reviendrons pas sur les détails de l'évolution des différents stades que nous avons décrits pour *G. gracile*. Nous résumerons succinctement ces stades en ce qui concerne *G. confusum*.

Les inoculations auxquelles nous avons procédé, nous ont permis de préciser les conditions de développement. Les meilleurs résultats ont été

obtenus entre le 10 Mars et le 5 Avril. Ces périodes sont variables avec les années.

Les taches porteuses de spermogonies apparaissent 7-13 jours après l'inoculation. Les gouttelettes de nectar se forment immédiatement. Le mélange de nectars déclenche le processus tumoral. Le début de la tumeur est visible 7 à 16 jours après (30 Mars-30 Avril). Cette durée est fonction des conditions météorologiques. Enfin, 8 à 10 jours après le déclenchement de la tumeur, soit la première quinzaine de Mai, les pseudopéridium arrivent en surface, crèvent le liège de la surface de la tumeur et 3 à 5 jours plus tard le pseudopéridium est complètement développé et les écidiospores mûres sont projetées à la faveur des variations atmosphériques. Au total 35 à 40 jours sont nécessaires au développement du stade écidien.

Nous avons constaté que l'évolution est d'autant plus rapide que l'inoculation a été plus tardive ; ceci vraisemblablement en raison de la température plus élevée qui favorise le développement.

b) **Biologie des hôtes**

Cr. ruscinonensis a été cultivé autrefois ; les vestiges en sont la preuve (exemplaires en bordure de chemins en particulier).

Le développement phénologique est le suivant (fig. 60) :

O. Bourgeon dormant	
A. Gonflement	9 février
B. Rupture	5 mars
C. Éclatement	9 mars
D. Bouton vert	16 mars
E. Apparition des pétales	23 mars
F. Floraison	5 mai
G. Chute des pétales	12 mai
H. Nouaison	15 mai
I. Fruit taille adulte (vert)	17 août
I3. Maturité (fruit rouge)	15 septembre
J. Chute des feuilles	15 novembre

Développement de la cuticule : La cutinisation débute au niveau des poils, même sur la feuille pliée. Ce n'est que sur une feuille largement étalée que la cuticule est bien développée, le 30 Mars (fig. 61).

c) **Influence de quelques facteurs naturels sur le développement du champignon**

Les facteurs naturels (température, pluie, vent, animaux) agissent de la même façon pour cette espèce que pour le *G. gracile* que nous avons étudié plus en détail ; nous renvoyons à cette étude n'ayant rien observé de particulier sur *G. confusum*.

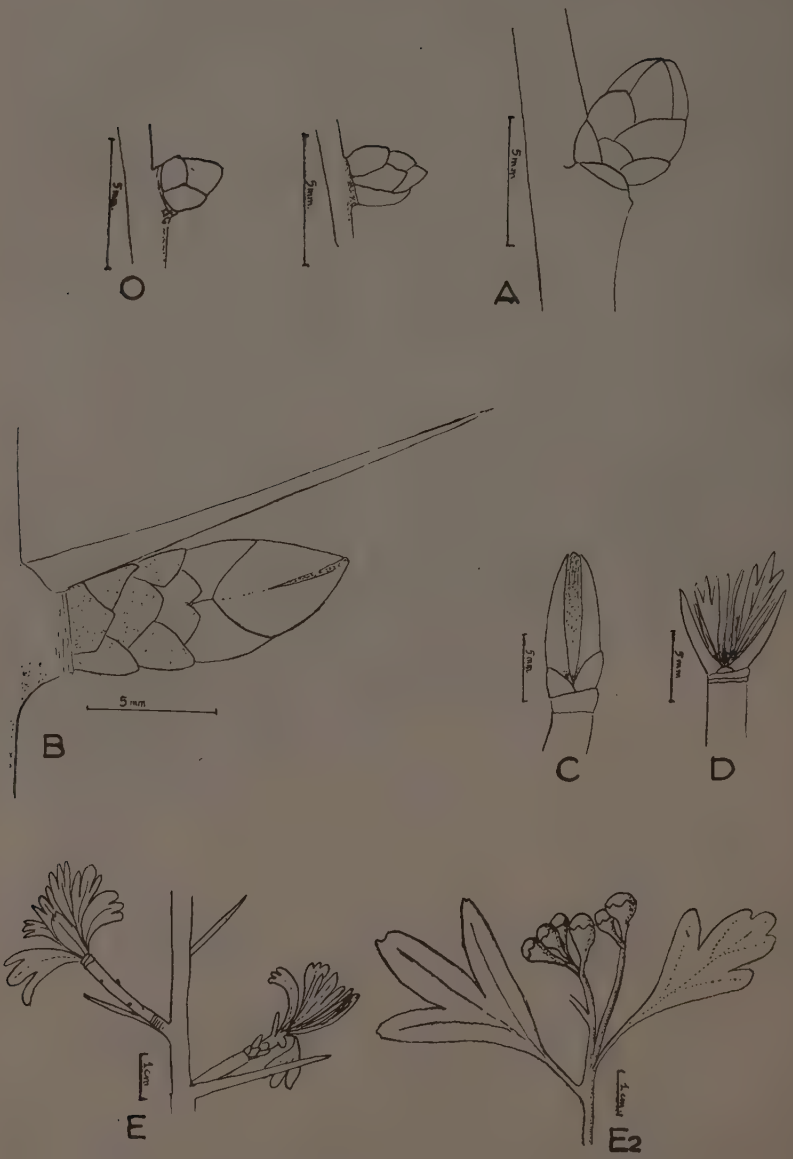


FIG. 60. — Stades repères de *Crataegus ruscinonensis*.

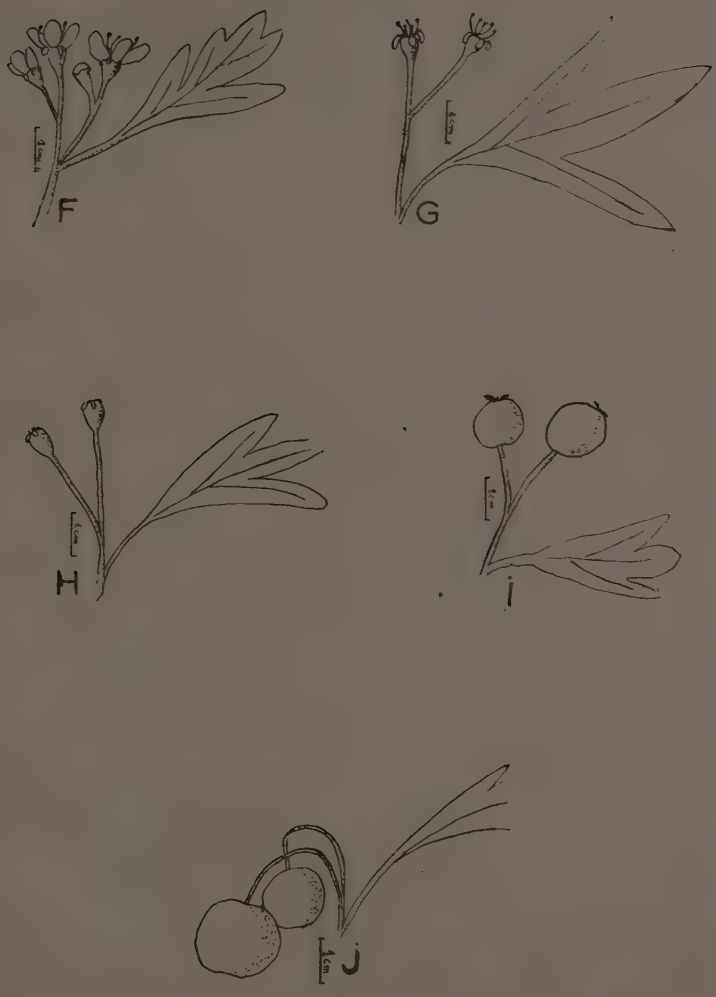


Fig. 60 (Suite) — Stades repères de *Crataegus ruscinonensis*.

IV. — CONCLUSIONS

Les cycles que nous avons réalisés nous permettent de tracer trois courbes (tableau I) : l'une du début de la période d'infection à courte durée d'incubation, une courbe d'évolution en fin de saison et une courbe moyenne régulière correspondant à la majorité de nos inoculations.

Ce sont les conditions climatologiques qui influent sur la forme des courbes par l'humidité et la température.

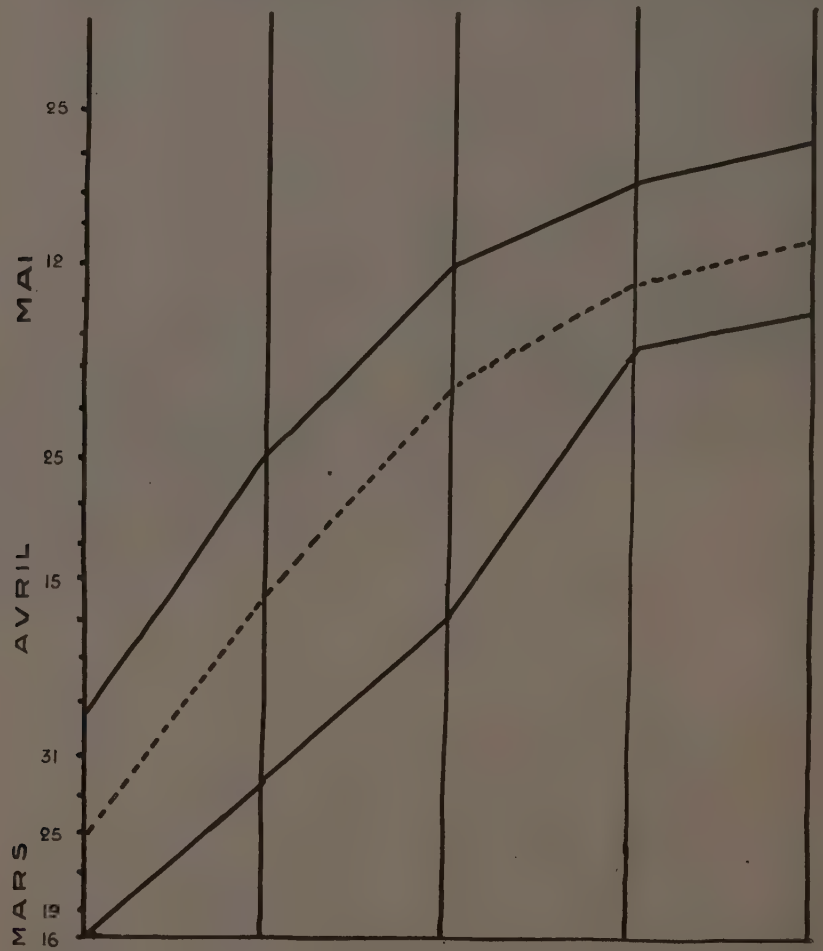


TABLEAU I

Evolution de la phase écidienne de G. confusum

I, Inoculation ; S, spermogonies ; dt, début de tumeur ; Psp, pseudopéridium ; E, émission des écidiospores.

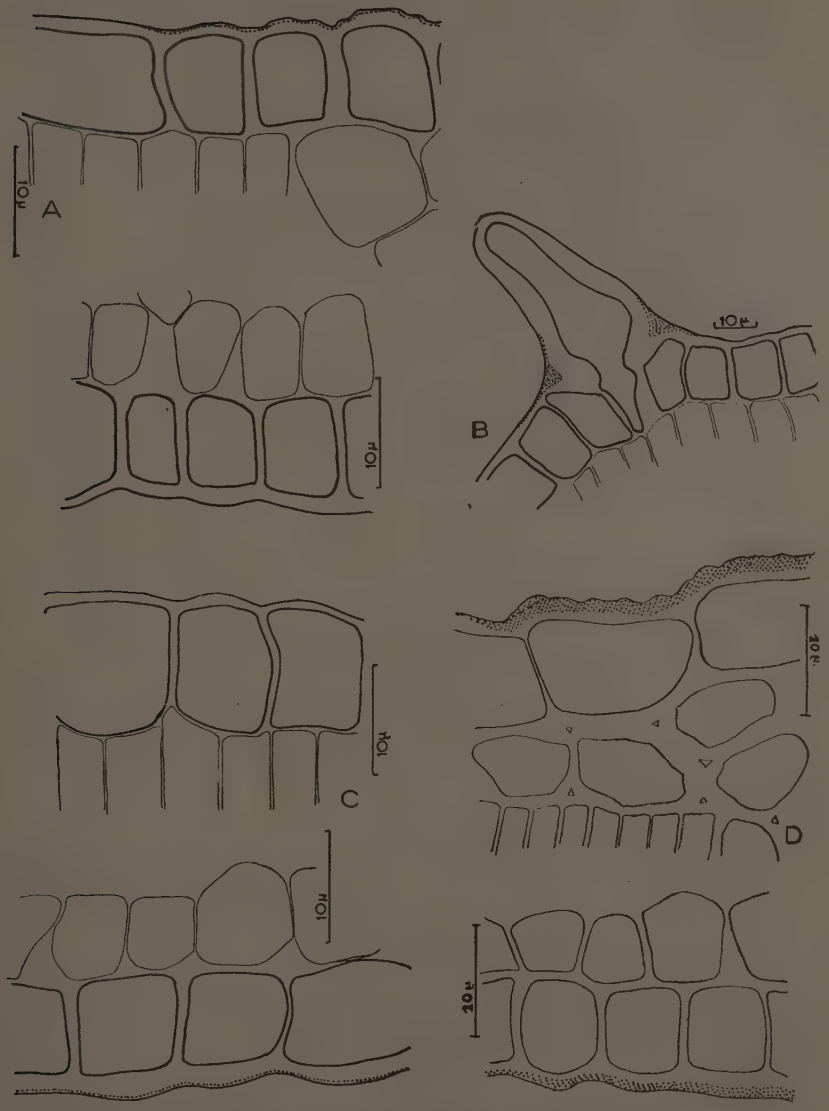


FIG. 61. — Développement de la cuticule de la feuille de *Crataegus ruscinonensis*. — A, B : 19 mars. Début de cutinisation à la face supérieure au niveau des nervures (A) et à la base des poils (B). Face inférieure : pas de cutinisation. — C : 19 mars. Début de cutinisation sur toute la face inférieure d'une feuille étalée. — D : 30 mars. Face supérieure : cuticule épaisse au niveau des nervures, se prolongeant sur toute la surface de la feuille. Cuticule épaisse face inférieure.

CHAPITRE III

GYMNOSPORANGIUM FUSCUM DC.
(= *G. sabinae* (Dicks.) Wint.)

I. — HISTORIQUE

En 1785, DICKSON décrit en Grande-Bretagne *Tremella sabinae* sur les rameaux de *Juniperus sabina* L.

Plus tard, PERSOON (1801) décrit sous le nom de *Puccinia juniperi* une espèce qu'il trouve sur le même Genévrier. PERSOON voit d'autre part les pycnides sur les feuilles de Poirier, mais ne les interprète pas.

En 1804 REBENTISCH étudiant l'écidie sur Poirier décrit le genre *Roestelia*.

De CANDOLLE (1805) donne une description plus détaillée du *G. fuscum*.

DUBY (1830) décrit cette espèce sous le nom de *Podisoma fuscum* et met en synonymie le *G. fuscum* DC. 1805 et *Puccinia juniperi* Pers.

CORDA (1837) représente les téliospores et écidies de cette espèce.

EUDES-DESLONGCHAMPS (1837) le premier signale les relations qui existent entre la rouille sur *J. sabina* et celle sur Poirier.

CHATEL (1862) rapporte un cas d'épidémie de rouille sur Poirier en rapport avec le voisinage d'un Genévrier Sabine. Cependant il ne parle pas avec certitude de parasite sur le Genévrier. Il met en cause des sporules ou le pollen.

De BARY ayant prouvé l'hétérécie pour *Puccinia graminis*, OERSTED (1865) par des essais systématiques prouve que *Podisoma sabinae* et *Roestelia cancellata* appartiennent à un même individu.

KICKX (1867) donne une description plus détaillée des deux stades qu'il ne relie pas entre eux.

ROZE (1869, 1870) rapporte quelques expériences qui confirment celles d'OERSTED, mais voit mal les relations entre téleutospores et sporidies. Il montre aussi les différences dans le développement des stades écidiens de plusieurs espèces.

CORNU (1878) considère qu'il existe trois *Podisoma* en France : *P. clavariaeforme*, *P. juniperi-sabinae* et *P. fuscum*. Il donne leurs caractères macroscopiques distinctifs et cite le *P. sabinae* sur *J. communis*, *J. virginiana* en plus de *J. sabina*.

ARBOIS de JUBAINVILLE (1878) relate le cycle complet de cette espèce et donne comme durée de l'incubation : 4 jours.

WINTER (1880) dénomme le champignon *G. sabinae*, mais ne donne pas la description des téleutospores (d'après HYLANDER et al.). Dans le RABENHORST Kryptogamenflora il nomme le parasite *G. sabinae* et en donne une description complète.

PLOWRIGHT (1888) réalise de nombreux essais avec *G. fuscum* ; il inocule ainsi : *Pyrus communis* et *Crataegus oxyacantha*. Il est aussi amené à penser à l'existence de deux espèces différentes. C'est de ces expériences qu'il déduira l'existence de *G. confusum* et de *G. sabinae* sur *J. sabina*. En 1889, dans sa Monographie il décrit séparément ces deux espèces et donne les caractères distinctifs macroscopiques et microscopiques, téliens et écidiens. Il décrit en outre les deux types de téliospores et constate leur similitude de forme.

FISCHER (1891) étudie le cycle et constate sa longueur par rapport aux autres espèces, les écidiospores étant émises au mois de septembre.

HARTIG (1891) considère la possibilité de transport à longue distance des sporidies ; il envisage aussi la possibilité du parasitisme sur *J. oxycedrus* en Provence.

POIRAULT (1892) a réussi à faire germer les écidiospores de *Roestelia cancellata* ayant subi des froids.

KLEBAHN (1892 *b*), TUBEUF (1893) réalisent des cycles artificiels dont ils constatent la longueur.

TUBEUF (1898) n'accepte pas l'existence du *G. sabinae* sur *Pinus halepensis*. Par contre il cite comme hôtes téliens : *J. sabina*, *J. oxycedrus*, *J. phoenicea*. Il résume les conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du parasitisme. En 1907, il considère que le mycelium écidien est perenne dans les organes vivaces du Poirier.

TROTTER (1908) considère que l'espèce parasite seulement *Pyrus communis*, les autres Rosacées étant immunes. Il met d'autre part en synonymie : *G. sabinae* f. *constrictum* Barsali sur *J. phoenicea*. En 1916 il rapporte quelques observations biologiques et considère, contre TUBEUF, que le mycélium n'est pas perenne chez *Pyrus*.

LEMÉE (1924, 1925) a réalisé de nombreuses observations sur la rouille grillagée. Il fait état de tous les rapports et correspondances qu'il a échangés avec diverses autorités civiles ou scientifiques en vue de rendre obligatoire l'arrachage du Genévrier Sabine dans le voisinage des plantations de Poiriers. Cette pratique a eu d'heureux effets. Il considère de plus *G. sabinae* inféodé aux Genévriers du type *sabina*. Enfin il a constaté la lente évolution du stade écidien.

BOURCART et LAUBERT (in MONTEMARTINI 1925) croient à l'hivernation à l'état mycélien dans les rameaux de Poirier.

DECKENBACH (1927) considère le minimum de température pour la germination des téliospores à 10°.

ARNAUD (1931) cite parmi les hôtes de *G. sabinae* probablement *J.*

phoenicea ; par contre il relève que c'est à tort que cette espèce a été indiquée sur *J. oxycedrus* et sur *Pinus*.

R. Fischer (1932) constate que le froid et l'humidité ont favorisé l'infection des Rosacées.

Français (1933) étudie la localisation de l'amidon dans les déformations provoquées par le parasite et dans les écidiospores.

Ciferri (1945) constate la sensibilité des jeunes feuilles de Poirier. Les feuilles âgées peuvent cependant être infectées par l'intermédiaire d'une blessure. Il considère, en outre, que les Mollusques sont un important mode de transport du parasite.

Staehelin et Wurgler (1948) estiment le pourcentage d'infection par rapport à la distance des deux hôtes (négligeable au delà de 1 000 m).

H. Fischer (1949) considère sans grande importance toute distance supérieure à 300 m en Suisse.

Bremer (1951) signale en Turquie les possibilités d'infection à 5-6 km de distance des hôtes ; le climat joue en outre un rôle prépondérant, en particulier l'humidité. Il signale comme hôtes : *J. oxycedrus, J. nana, Pyrus communis, P. amygdaliformis, P. elaeagnifolia.*

Gram et Weber (1952) étudient les conséquences du parasitisme.

Répartition

G. fuscum est localisé à l'Europe et au Proche-Orient. Crowell (1940) la considère comme endémique de l'Ancien continent (Europe, Afrique du Nord). De plus, son extension dans le Proche-Orient permet d'envisager son extension vers l'Asie (fig 61 bis).

En France le parasite est signalé à peu près partout et plus particulièrement :

Auvergne : Brevière, Hariot.
Alpes : Heim.
Bassin parisien : Viennot-Bourgin, Lemée.
Champagne : Maury.
Bassin Aquitain : Dupias, Biers.
Charente-Inférieure : Société des Sciences Naturelles.

Région méditerranéenne :
Camargue : Heim (in Tallon).
Vaucluse : Lagarde.
Corse : Maire, Dumée et Lutz.
Gard : Arnaud.

Hartig, Arnaud soulignent l'incertitude du cycle de *G. fuscum*

dans le Languedoc où le *J. sabina* manque et où cependant les Poiriers cultivés et les Poiriers sauvages (*P. amygdaliformis*) sont fortement attaqués.

Nous avons trouvé ces hôtes très attaqués au cours de nos prospections. Ils cohabitent en effet avec *J. phoenicea* et *J. oxycedrus* de la garrigue.

FIG. 61 *bis*. — Carte de répartition de *G. fuscum*.

II. — LE CHAMPIGNON

A. — Synonymie

On a attribué à cette espèce plusieurs dénominations qui au début contenaient plusieurs espèces puisque PLOWRIGHT a détaché *G. confusum* du *G. fuscum*.

Tremella sabinae Dickson 1785.
Gymnosporangium fuscum DC. 1805.
Podisoma fuscum Duby 1830.
Podisoma juniperi-sabinae Fr. 1832.
G. sabinae (Dicks.) Wint. 1884.
G. sabinae f. constrictum Barsali 1906.
G. sabinae f. piri-communis Eriksson 1919.

Nous rapportant à JORSTAD (1942) nous adopterons *G. fuscum* DC. En effet, les dénominations antérieures à 1801 n'étant pas valables selon le code international de nomenclature on devrait se référer à *Puccinia*

juniperi Pers., mais cette dénomination étant appliquée à une autre espèce en 1805, c'est *G. fuscum* Dc. qui est valable contre la dénomination de WINTER (1884).

Pour le stade écidien nous donnerons seulement :

Aecidium cancellatum Pers. 1791, 1801.

Roestelia cancellata Rebent. 1804.

B. — Cycle

Originellement décrit sur *J. sabina*, *G. fuscum* a été reconnu sur d'autres espèces de Genévriers. Les premières expériences sur l'hétérécie ont été faites par OERSTED qui réussit à inoculer le Poirier. Par la suite, d'autres auteurs ont essayé d'inoculer d'autres espèces du genre *Pyrus* ou d'autres Pomacées.

Juniperus	Pyrus	Auteur
J. sabina L.	P. communis L.	OERSTED, FISCHER, PLOWRIGHT
	P. michauxii Bosc	REESS
	P. tomentosa (sic)	REESS
J. virginiana L.		
J. chinensis L.		
	P. amygdaliformis Vill.	SAHLI 1916 (in JORSTAD 1942)
	P. nivalis Jacq.	
	P. salviifolia Pall.	

Par ailleurs de nombreux auteurs ont déterminé cette espèce sur différents hôtes :

Juniperus phoenicea L., oxycedrus L., virginiana L., excelsa M. B., thurifera L., communis L., foetidissima Willd., sphaerica Lindl., nana Willd., japonica Carr.

Pinus halepensis Mill. : REESS.

Cupressus sempervirens L. : OUDEMANS. CROWELL (1940 *b*).considère qu'il s'agit d'une erreur. Aucun autre recensement sur cet hôte n'a été fait.

Pyrus amygdaliformis Vill., syriaca Boiss., malus L., elaeagrifolia Pall., betulaefolia Bnge., michauxii Bosc.

Pyrocydonia danieli : MAURIZIO.

Nos nombreuses expérimentations dans le Languedoc méditerranéen nous ont permis de mettre en évidence l'existence du *G. fuscum* sur *J. oxycedrus* et *J. phoenicea*. En effet, à partir de *G.* prélevés sur ces deux Genévriers nous avons pu inoculer *Pyrus communis* (cultivé) et *Pyrus amygdaliformis* (spontané).

Le *G. fuscum* parasite donc des *Juniperus* appartenant aux deux sections : *sabina* et *oxycedrus*. D'autres espèces (*G. clavipes*, *G. confusum*) parasitent également des Genévriers appartenant à ces deux sections.

III. — ÉTUDE MORPHOLOGIQUE ET BIOLOGIQUE

A. — DIPLONTE

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

Le parasitisme sur les Genévriers provoque des déformations se ramenant toutes à une tumeur fusiforme : sur *J. oxycedrus*, les tumeurs sont courtes, 3-4 cm, et entraînent rapidement (4-5 ans) la mort du rameau ; sur *J. phoenicea*, les fuseaux sont très allongés (10-12 cm) et peu épaissis (fig. 62).

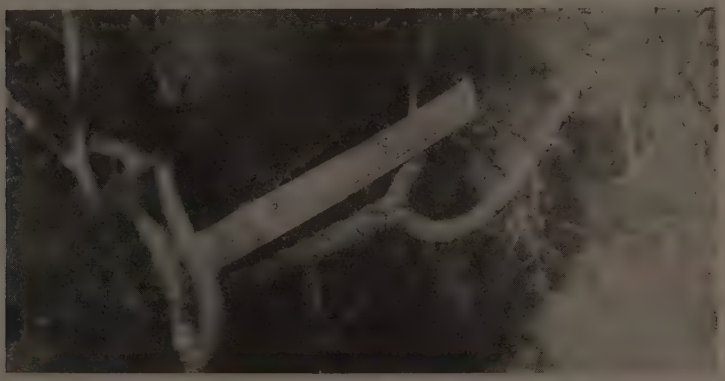


FIG. 62. — *G. fuscum sur J. phoenicea.* Les sores commencent à apparaître à la date du 25 mars.

A la surface de ces déformations apparaissent des sores brun foncé presque noir au début (jeunes, non gonflés) qui atteignent 5-8 mm de haut, à aspect velouté. A l'état humide ils mesurent 10-15 × 8-10 mm et sont brun.

SPORES. — Elles sont de deux types ; de nombreux auteurs les ont vues ; PLOWRIGHT précise qu'elles sont de forme comparable (fig. 63-64).

Spores colorées : La cellule supérieure est conique (plus conique que chez *G. confusum*). La cellule inférieure est aussi rétrécie vers la base.

Elles mesurent : 42-47 × 23-30 µ ; membrane 2,5 µ, colorée en brun ; rétrécissement faible à la cloison : 23-28 µ ; 2 pores par cellule au voisinage de la cloison.

Spores claires : Ces spores sont un peu plus allongées et un peu étroites ; leurs deux cellules sont semblables ; leur membrane n'est pas colorée.

44-51 × 18-24 µ (cloison 17-20) ; membrane 1,7 µ ;
2 pores par cellule au voisinage de la cloison ;
rétrécissement important au niveau de la cloison.

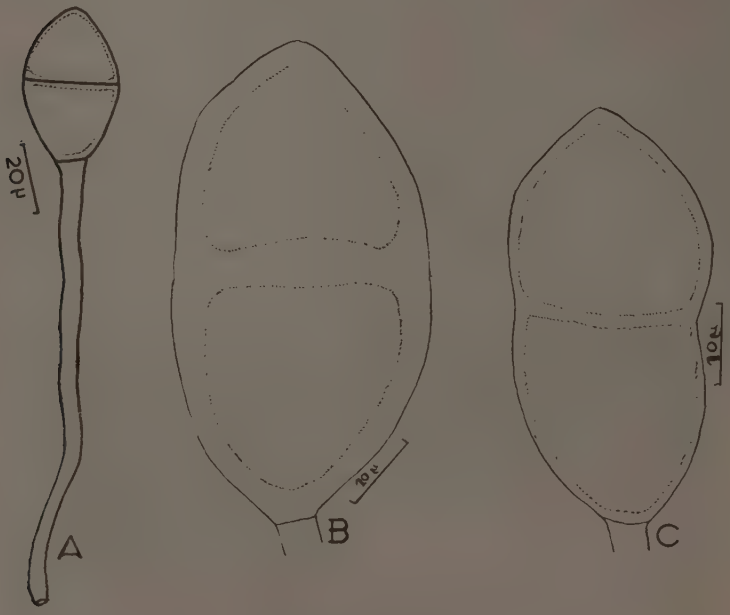


FIG. 63. — *G. fuscum.* — Téliospores. —
A : une spore et son pédicelle ; B : spore trapue ; C : spore claire.

Le pédicelle, dans les deux cas, est très long ; sa largeur est de 3-4 µ.

Basides : 84 × 6,3-7,3 µ.
Basidiospores : 18-20 × 15 µ.

b) **Morphologie des hôtes**

Les hôtes téliens que nous avons relevés dans notre région sont : *J. oxycedrus* et *J. phoenicea* appartenant à deux sections différentes de *Juniperus*. Ces deux espèces ont été étudiées aux chapitres précédents.

Quant au *J. sabina* il n'existe pas dans la région à l'état spontané ; il est caractérisé par des feuilles squamiformes disposées sur 4 à 6 rangs, et des fruits bleuâtres.

c) Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du parasitisme

TUBEUF résume les travaux de WOERNLE en ce qui concerne les modifications anatomiques du *J. sabina*. Il constate une action comparable à celle des autres espèces de *G.* : le bois, le liber et l'écorce sont accrus amenant un épaississement des rameaux ; les rayons médullaires sont nombreux et larges ; cependant le mycélium ne pénètre pas le bois.

La tumeur, sur le rameau de *J. phoenicea*, est peu visible. C'est un

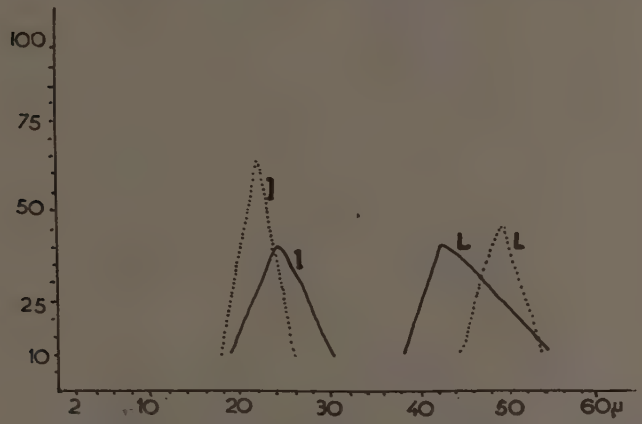


FIG. 64. — *G. fuscum*. — Courbes des longueurs (L) et largeurs (l) des téliospores ; en trait plein : spores colorées ; en pointillé : spores claires.

fuseau très allongé dont l'élargissement est très progressif. En coupe, l'écorce est formée de cellules parenchymateuses hypertrophiées et dissociées. Le liège qui se forme en surface peut être envahi par le mycélium intercellulaire dans les tout jeunes stades de sa formation. Le liber est envahi ; les fibres libériennes sont plus nombreuses, mais ne sont pas pénétrées par le mycélium, ni par les suçoirs. Le mycélium circule entre les cellules libériennes et envoie des suçoirs ovoïdes à leur intérieur. Le bois est peu modifié. Les rayons médullaires sont nombreux, mais nous ne les avons pas vu pénétrés par le mycélium.

J. oxycedrus : Les déformations sont plus courtes (3-4 cm) et paraissent plus volumineuses. Au point de vue anatomie les tissus subissent les mêmes déformations

— écorce : les cellules parenchymateuses sont hypertrophiées et dissociées par le mycélium intercellulaire ;

— le liber est envahi ; les fibres libériennes sont épaissies et plus nombreuses (fig. 65) ;

— le bois est peu modifié ; seuls les rayons médullaires sont nombreux et envahis par le mycélium.

La modification du liber (fibres libériennes nombreuses et épaissies au détriment des cellules actives) ainsi que la pénétration profonde du mycelium dans les rayons médullaires sont des facteurs qui concourent à la destruction de la tumeur ; en effet, les tumeurs durent peu d'années (4-5 ans). Sur *J. phoenicea*, au contraire, elles ont une durée plus grande (8-10 ans).

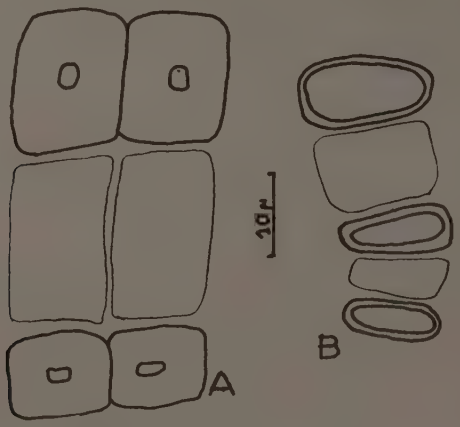


FIG. 65. — *G. fuscum* sur *J. oxycedrus*. — Modification du liber. — A : Tissu parasité ; B : Tissu sain.

Physiologie : Le parasitisme de *G. fuscum* entraîne un dessèchement du rameau qu'il parasite et des ramifications qui y prennent naissance ; ce dessèchement est plus rapide sur *J. oxycedrus* que sur *J. phoenicea*.

Lorsque le parasite progresse vers des ramifications aoûtées (lignifiées, sclérifiées) prenant naissance sur ce rameau, il n'entraîne pas directement la mort ; seules les jeunes ramifications sont touchées car la pénétration des tissus jeunes est plus facile.

Enfin chez ces deux hôtes la floraison se trouve inhibée au-dessus du fuseau.

2. — Biologie du diplonte

a) Conditions générales de développement du parasite

Le mycélium perennant du *G. fuscum* produit au début du mois de Mars des stromas qui provoquent des boursouflures de l'écorce. Ces stromas font éclater l'écorce et il apparaît alors des sores brun noir peu proéminents et assez larges. Leur évolution est lente ; en effet, ce n'est qu'au

mois d'Avril que les téliospores contenues dans ces sores sont capables de germer à la faveur de la pluie ; le sore gélifié est peu volumineux.

Des séries de gélification et de dessèchement ont lieu sous l'influence de la pluie comme pour les autres espèces de G. jusqu'au début du mois de Mai. A ce moment-là les sores sont généralement épuisés.

Nous avons réalisé des essais de germination à différentes températures des téliospores et basidiospores. Nous avons établi les tableaux et les courbes suivantes (fig. 66).

Téliospores	
6°	0 %
8°	5 %
12°	15 %
15°	60 %
18°	75 %
20°	50 %
23°	35 %
28°	0 %

Basidiospores	
10°	0 %
12°	10 %
15°	60 %
18°	70 %
20°	35 %
28°	0 %

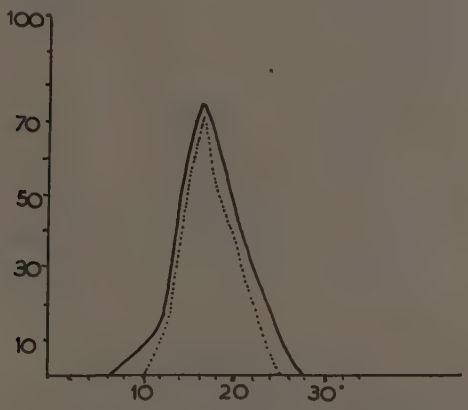


FIG. 66. — *G. fuscum*. — Courbes des températures de germination des téliospores (trait plein) et basidiospores (pointillé).

Les spores à membrane claire germent les premières ; celles à membrane épaisse germent lorsque le sore a déjà produit plusieurs fois des basidiospores.

b) **Biologie des hôtes**

Pour *J. oxycedrus* et *J. phoenicea* voir les chapitres précédents.

J. sabina L. — Bien qu'absent du Languedoc méditerranéen nous donnerons quelques indications en raison du rôle qu'il joue pour *G. fuscum* dans d'autres régions ; il est souvent planté dans les parcs. C'est une espèce de climat humide, neigeux, mais d'étés secs (GAUSSEN, 1952).

c) Influence de quelques facteurs naturels sur l'évolution du parasite

1° Température. — L'évolution tardive du stade télien est en faveur de ses exigences climatiques. Nous avons observé la maturité des spores en Avril et jusqu'au début du mois de Mai, alors que, pour la plupart des autres espèces de *G.*, la sporulation est terminée.

Deckenbach (1927) constate que les sores apparaissent, en Crimée, lorsque la température atteint un minimum de + 10°.

Ciferri (1945) signale l'apparition de sores dès Avril en Italie et leur maturité en Mai.

Maire et al. (1903) ont récolté en Corse les clavules sur *J. phoenicea* et *J. oxycedrus* en Avril ce qui est en accord avec nos observations.

2° Pluie. — La pluie est très importante pour cette espèce à évolution tardive. En effet, la température plus élevée de l'époque à laquelle les spores sont mûres provoque une évaporation plus grande. Il faut donc une plus grande quantité de pluie, mais surtout une plus longue persistance d'un degré hygrométrique élevé, supérieur à 90, maintenu par des pluies continues non violentes.

3° Vent. — Le vent agit en dispersant les basidiospores. Il peut les emporter à de très grandes distances, mais alors l'infection est plus faible ; l'attaque massive des *Pyrus* ne se réalise qu'en cas de proximité des deux hôtes. Bremer cite une dispersion qui peut aller jusqu'à 5-6 km.

4° Animaux. — Nous avons fréquemment trouvé des Iules brouter les sores de *G. fuscum* sur Genévriers.

B. — HAPLONTE

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

1° Spermogonies. — Spermogonies sous épidermiques situées la plupart du temps à la face supérieure des feuilles sur laquelle elles produisent des taches rouge-orangé vif. Elles ont la forme caractéristique conique ; dimensions : 170-200 × 150-170 µ ; spermaties : 8-11,2 × 2,4-3 µ, incolores, qui sont dans un nectar. Ces spermogonies présentent des hyphes qui sortent par l'ostiole et que nous assimilons aux hyphes flexueux.

2° Écidies. — A la face inférieure des taches portant les spermogonies se développe une tumeur volumineuse à l'intérieur de laquelle se différencient les écidies. Celles-ci apparaissent à la surface de la tumeur

par leur pseudopéridium caractéristique dont la portion externe mesure 1,5 mm.

En coupe, les écidies ont la constitution classique (fig. 67) : un stroma

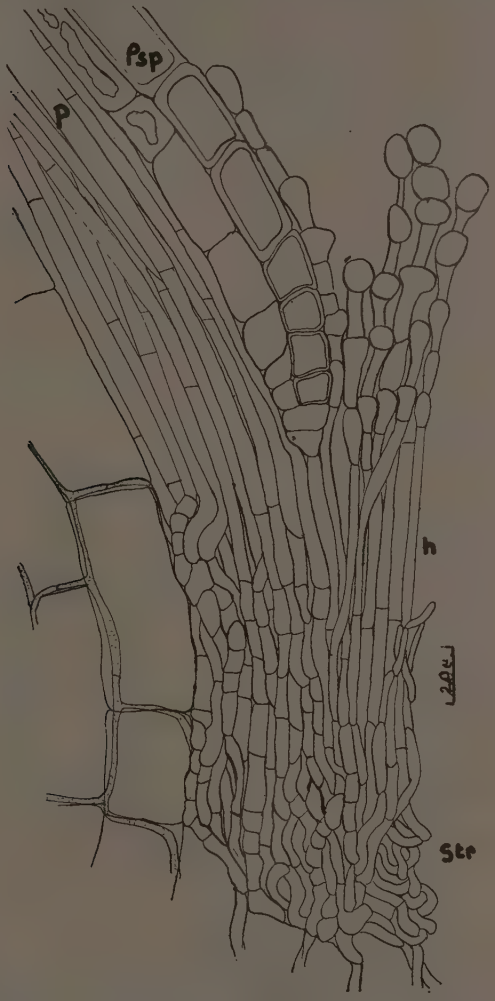


FIG. 67. — *G. fuscum*. — Coupe d'une écidie montrant :
Str. stroma, h. hyphes sporigènes, Psp. pseudopéridium ; p. péridium.

mycélien sur lequel se forment les écidiospores entourées par un pseudopéridium, dont les files cellulaires ont même valeur que les files d'écidiospores, entouré d'un manchon mycélien.

Les cellules de l'extrémité du pseudopéridium restent soudées entre elles (par intrication des ornementations). Les déchirures longitudinales

se produisent par place dans la portion externe du pseudopéridium pour laisser échapper les spores, l'apex du pseudopéridium restant en place.

L'apex est constitué de cellules presque isodiamétriques : 48 × 50 μ. Les cellules s'allongent vers la base : 68 × 17-22 μ pour atteindre un maximum de 100-120 × 16-20 μ, au niveau de la surface de la tumeur. Elles deviennent ensuite de plus en plus petites vers la cellule-mère.

Membrane interne épaisse : 6,4 μ, ornée de verrues (fig. 68).

Membrane externe mince : 3 μ.

Face latérale : 16-20 μ, ornée de verrues.

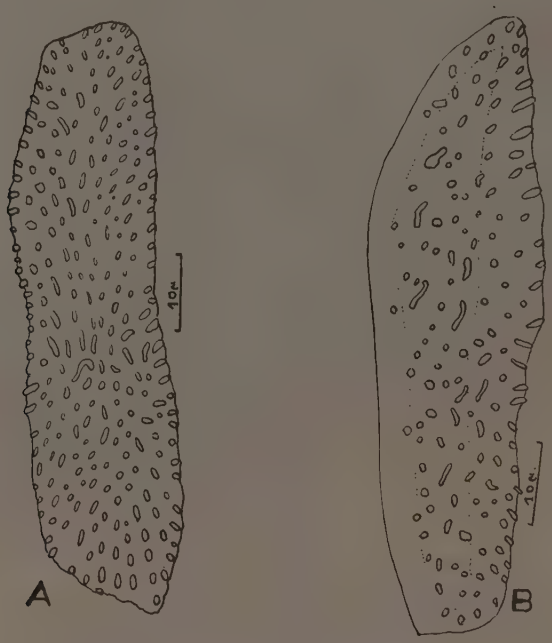


FIG. 68. — *G. fuscum*. — Cellules pseudopéridiales. — A : face interne ; B : face latérale.

Les cellules des files du pseudopéridium sont articulées entre elles (fig. 69), Ces articulations sont formées par une tête à la cellule supérieure, autour de laquelle la cellule inférieure envoie un prolongement interne et un prolongement externe plus court. Cette articulation permet aux cellules de jouer, sans cependant amener un enroulement trop important vers l'intérieur.

A l'extérieur du pseudopéridium une lacune correspond à l'emplacement des cellules homologues des cellules intercalaires des chaînes d'écidiospores et qui ont dégénéré. Cette dégénérescence est tardive chez cette espèce.

3° Écidiospores. — Elles se forment en files au sommet d'hyphes qui donnent alternativement des spores et des cellules intercalaires selon un schéma précédemment rappelé. Nous noterons cependant chez cette espèce que la cellule intercalaire a une longueur croissante au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'hyphe. Elle a jusqu'à 35 μ de long. Cette cellule a la même origine que la spore ; elle correspond à un pédicelle (même type de formation que chez les téleutospores).

Fig. 69. — *G. fuscum*. — Articulation des cellules du pseudopéridium.

Les écidiospores sont brun clair, finement verruqueuses, sphériques, ou ellipsoïdes, plus ou moins polygonales par compression à l'intérieur de l'écidie :

22-28 × 25-30 μ. Membrane 3,2-4 μ.

5 ou 6 pores et même jusqu'à 9.

b) **Morphologie des hôtes**

Les hôtes écidiens de notre région sont d'une part le Poirier cultivé, d'autre part le *Pyrus amygdaliformis* spontané des garrigues.

Pyrus amygdaliformis Villars. — Poirier amandier. Arbre pouvant atteindre 4 à 5 m, à rameaux épineux, à jeunes pousses velues ; feuilles oblongues lancéolées tomenteuses dans leur jeunesse, glabres à la face supérieure ensuite ; fruit petit.

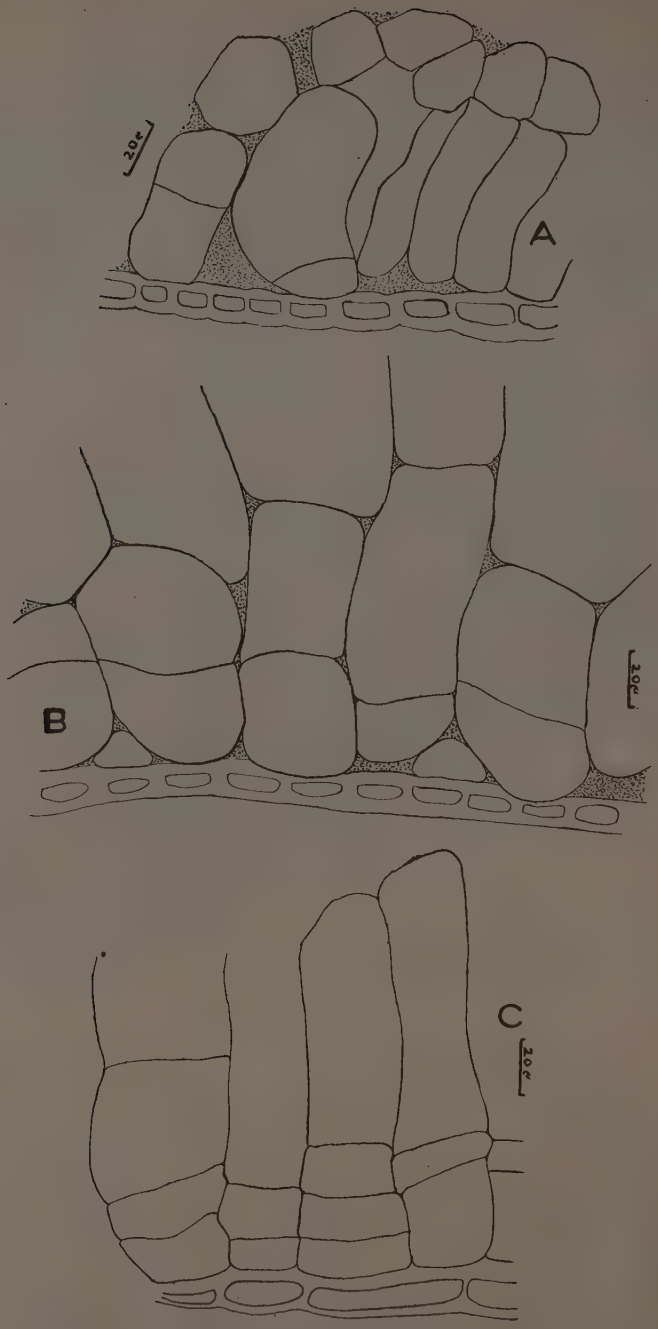


FIG 70. — *G. fuscum.* — Formation de la tumeur chez *Pyrus amygdaliformis.* — A : Début de cloisonnement du tissu lacuneux ; B : Les lacunes sont réduites ; C : Plus de lacunes visibles — cloisonnement en surface.

Nos sujets d'expérimentation proviennent de semis de pépins prélevés dans les fruits récoltés au mois de septembre en garrigue. Les pépins ont été mis en stratification en cave du 31 décembre au 31 janvier. Semés en terrine à cette dernière date, la levée s'est effectuée dès le 18 mars à 50 p. 100. Les sujets repiqués en pots ou en pleine terre sont de belle venue ; d'autres sont la conséquence d'une disjonction et restent petits.

c) Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du parasitisme

Le stade écidien est fréquent surtout sur la feuille ; il se rencontre aussi sur les rameaux, les bourgeons et les fruits.

Feuille : L'incubation de la maladie se termine par l'apparition des spermogonies. Lorsque le mélange des thalles a été réalisé, le processus tumoral du tissu lacuneux est déclenché. La partie la plus interne de ce tissu reste en place et se trouve plus ou moins comprimée contre le tissu palissadique. L'autre partie se transforme. Sur la bordure des tumeurs on observe le passage du tissu sain au tissu pathologique (fig. 70).

Sur une jeune tumeur, entre deux ébauches d'écidies on voit un allongement de cellules plaquées les unes contre les autres, donnant une allure de palissadique, mais à cellules bien plus grande (60 × 25 µ contre 48 × 8 µ pour le palissadique vrai). Les cellules du tissu pseudopalissadique se cloisonnent tangentiellement. En même temps, l'épiderme s'écrase et la surface de la tumeur se subérise.

Au niveau des nervures il n'y a pas d'élongation ni de cloisonnement. En effet, le tissu lacuneux est remplacé par des fibres scléreuses que le mycelium ne peut dédifférencier. Dans d'autres espèces de *G.* la tumeur (moins volumineuse) se développe au niveau des nervures. Chez le Poirier, parfois au niveau des nervures secondaires il peut y avoir formation de tumeur.

Enfin la tumeur peut apparaître à la face supérieure des feuilles ; dans ce cas elle n'a pas son origine dans le tissu lacuneux, mais dans le tissu palissadique. Ces tumeurs sont peu volumineuses et ne contiennent pas d'écidies. Peglion de son côté n'avait jamais vu d'écidies dans les réactions au niveau des nervures.

Toutes les cellules du tissu pathologique de la tumeur sont gorgées d'amidon. L'amidon manque dans les tumeurs jeunes. Les cristaux d'oxalate sont localisés au voisinage du tissu palissadique normal.

Tige : Les attaques sur tige ne sont pas très fréquentes sauf en années particulièrement favorables à la pénétration du parasite. Des tumeurs se forment cependant sur les rameaux de l'année. Elles sont dûes à la modification des tissus de l'écorce sous l'action du champignon : le collen-

chyme cortical est envahi ; il est modifié et se transforme dans sa portion externe en tissu pathologique plus ou moins hypertrophié et hyperplasié, dont les éléments sont dissociés par le mycélium. A l'intérieur de ce tissu se développent les écidies.

Le péricycle, normalement formé d'un anneau complet de fibres scléreuses est ici réduit à quelques îlots. La couronne ligneuse est irrégulière par suite de l'irrégularité de fonctionnement du cambium.

Un liège se forme en surface de la tumeur ; cependant des éclatements ont lieu sous la poussée des tissus néoformés et entraînent la mort du rameau dans la partie supérieure.

FIG. 71. — Tumeur écidienne de *G. fuscum* sur rameau et bourgeons de Poirier On voit les pseudopéridium qui pointent — octobre 1948.

Bourgeons : Des attaques peuvent avoir lieu sur les bourgeons au moment de leur épanouissement. Les feuilles qui en naissent sont tuées et les bourgeons de la lambourde sont aussi rapidement tués ; il se crée un chancre à ce niveau sur le rameau. Il n'y a pas conservation du champignon à l'intérieur du rameau. En effet, nous avons pu observer de telles attaques et suivre leur évolution. Il n'y a pas eu progression du mycélium vers des bourgeons voisins. Il y a eu mort de la partie envahie et mort du parasite.

Fruits : Ils peuvent être envahis seulement à l'état jeune dans notre région. Ils restent petits, déformés et tombent très tôt.

PHYSIOLOGIE. — *Action du parasite sur la feuille* : Sur Poirier cultivé var. Beurré Giffard, les feuilles atteintes tombent avant le développement complet de la tumeur. Sur la var. Doyenné du Comice cette chute n'a pas lieu.

Sur *Pyrus amygdaliformis* le parasitisme amène la conservation des feuilles sur l'arbre. En effet, nous avons pu constater dans une même station que des pieds non parasités étaient défeuillés par la sècheresse, alors que d'autres voisins et du même âge mais parasités avaient conservé leurs feuilles. On constate même que seules restent sur l'arbre en fin de saison les feuilles porteuses de tumeurs. Il est vraisemblable que le mécanisme de chute de la feuille est inhibé par la présence du champignon.

Une importante attaque sur les feuilles réduit la surface de photosynthèse, surtout grave en cas d'un fort pourcentage d'organes parasités.

Action du parasite sur les rameaux : L'attaque des rameaux (fig. 71) entraîne plus ou moins rapidement la mort de la partie située au-dessus du point d'attaque. Les bourgeons sont tués et la nécrose gagne une portion importante du rameau, crée un chancre qui devient la porte ouverte à de nombreux parasites.

2. — Biologie de l'haplonte

a) Conditions générales de développement du parasite

L'infection a lieu dans les 2e et 3e décades d'Avril et, après une incubation moyenne de 15 à 25 jours, on voit apparaître sur les organes parasités les taches porteuses de spermogonies.

15 à 30 jours plus tard (15 Mai-15 Juin) la tumeur est déclenchée et elle se développe lentement jusqu'au mois de Septembre ou Octobre. Vers le 10 Septembre apparaissent les pseudopéridium et à partir du 15 Septembre les écidies sont mûres. Ces observations sont celles de 1954, année caractérisée par un été humide et frais. Nos observations antérieures nous donnent un cycle plus long : écidies mûres seulement en Octobre. Il y a vraisemblablement là une action de la température et de l'ensoleillement, le champignon étant en vie ralentie par un été chaud et sec. Les observations de 1954 se rapprochent en effet de celles faites par certains auteurs (Fischer, 1891, Klebahn, 1892 *b*, Tubeuf, 1893) qui ont étudié ce parasite hors de la zone de climat méditerranéen.

Dans les tumeurs foliaires la production d'écidies est continue ; les écidies naissent dans la profondeur de la tumeur près du tissu lacuneux restant et au fur et à mesure qu'elle mûrit la tumeur repousse les écidies pendant que de nouvelles se forment en profondeur.

b) Biologie des hôtes écidiens

1° *Pyrus communis* L. Poirier. Rarement planté en grands vergers dans la région qui nous intéresse. Très exigeant au point de vue du sol (sol riche, profond et frais), il redoute les sols secs calcaires. Les variétés

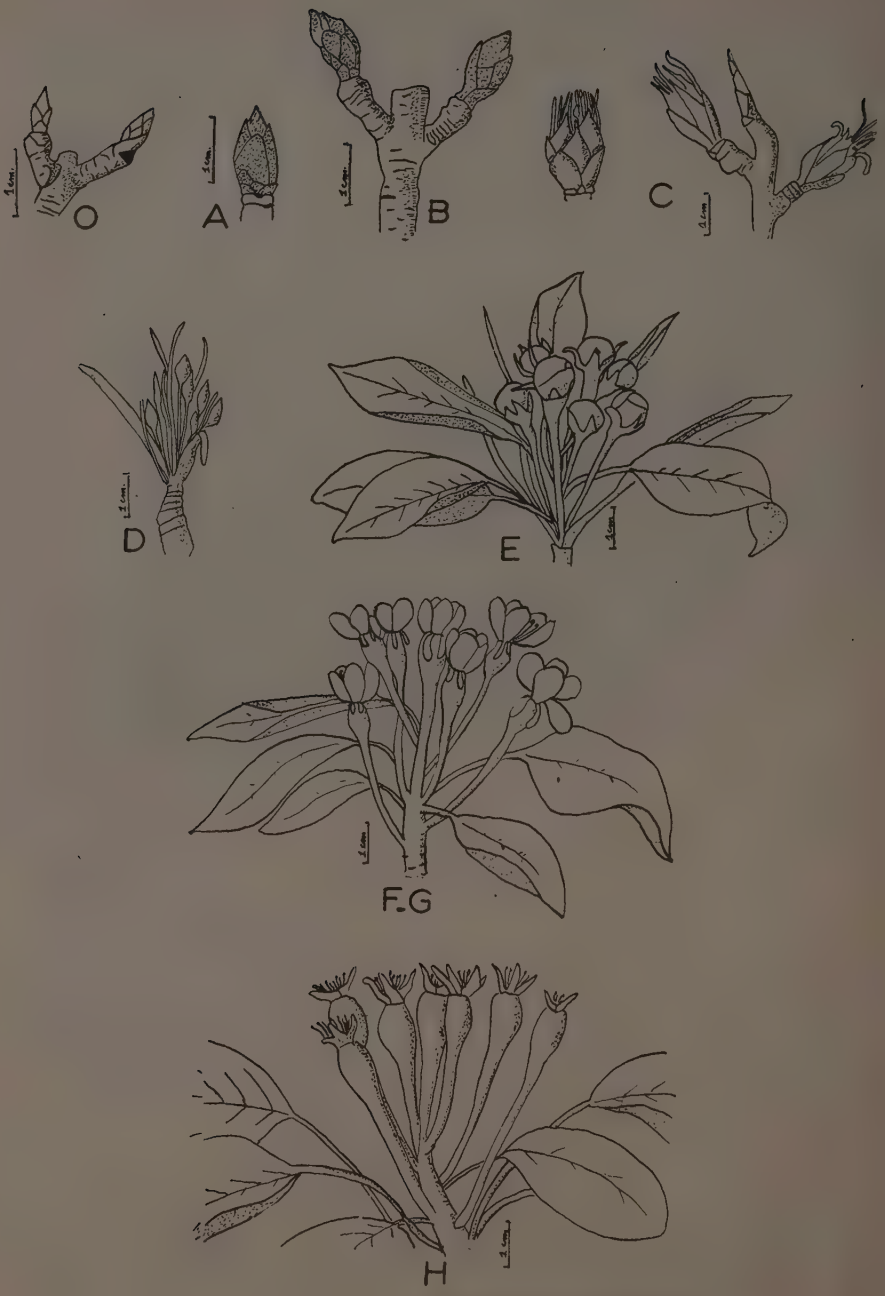


FIG. 71 *bis*. — Stades-repères de *Pyrus communis* (d'après FLECKINGER).

que nous avons utilisées sont Doyenné du Comice et Beurré Giffard, toutes deux sensibles à la tavelure (1). Ainsi que nous l'avons dit ailleurs (1946) les trente Poiriers qui ont servi à nos expérimentations ont été plantés en 1941. Ils sont greffés sur Cognassiers.

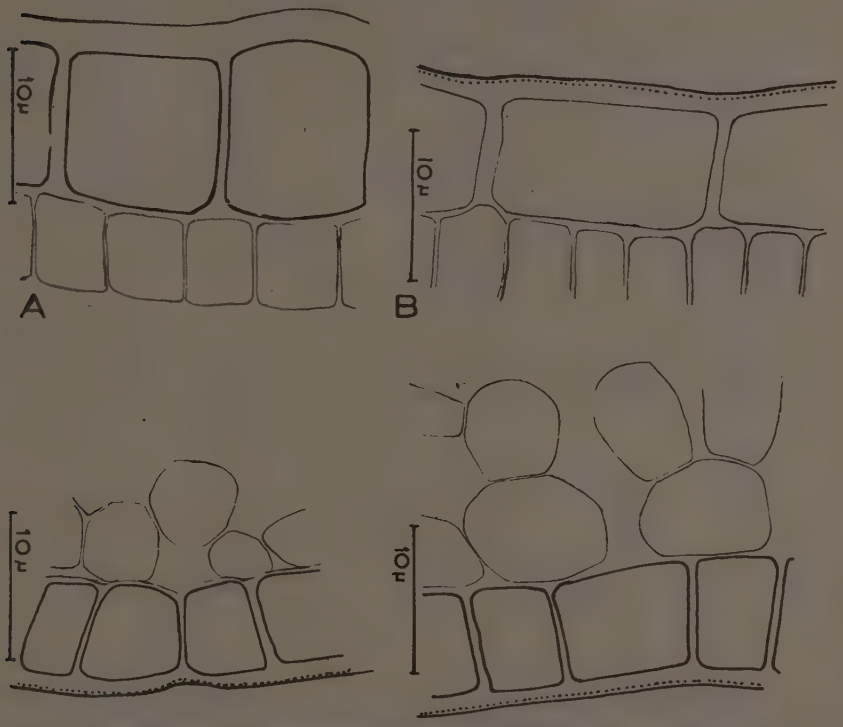


FIG. 72. — *Pyrus communis*. — Développement de la cuticule. — A : feuille à peine ouverte : cuticule face inférieure ; B : feuille étalée : cuticule sur les deux faces.

Phénologie : (fig. 71 *bis*).

	D. du Comice	Beurré Giffard
O. Bourgeon dormant		
A. Gonflement	20 février	28 février
B. Rupture	12 mars	12 mars
C. Éclatement (début)	20 mars	19 mars
C_3 Éclatement général	21 mars	21 mars
D. Bouton vert	27 mars	24 mars
E. Apparition des pétales	1er-4 avril	27 mars
F. Floraison	3-7 avril	2-6 avril
G. Chute des pétales	10-13 avril	14 avril
H. Nouaison	16 avril	20 avril
I. Maturité	15 octobre	15 juillet
J. Chute des feuilles	15 novembre	15 novembre

(1) Nous précisons ici ce caractère en raison des moyens de lutte communs à la tavelure et aux rouilles que l'on pourrait appliquer.

Etude de l'épiderme foliaire et de sa cuticule (fig. 72)

Selon la méthode que nous avons précédemment utilisée, des coupes nous ont permis d'observer que :

— à la face supérieure : la cuticule se forme tôt ; elle est plus développée chez la variété Doyenné du Comice que chez Beurré Giffard ;

— à la face inférieure : la cutinisation est plus précoce.

	Doyenné du Comice				Beurré Giffard			
	Face sup.		Face inf.		Face sup.		Face inf.	
	épid.	cutic.	épid.	cutic.	épid.	cutic.	épid.	cutic.
3 avril. Feuille à peine déroul.	10 µ	0,1	8,5	0,3	10	—	7	0,3
3 avril. Feuille déroulée	13	0,3	8,5	0,5	12	0,3	9	0,3
29 mai	18	1	9	1,5	14	3	9	1

La cutinisation débute au niveau des poils et des stomates.

Non seulement l'épaisseur elle-même de la cuticule joue un rôle, mais

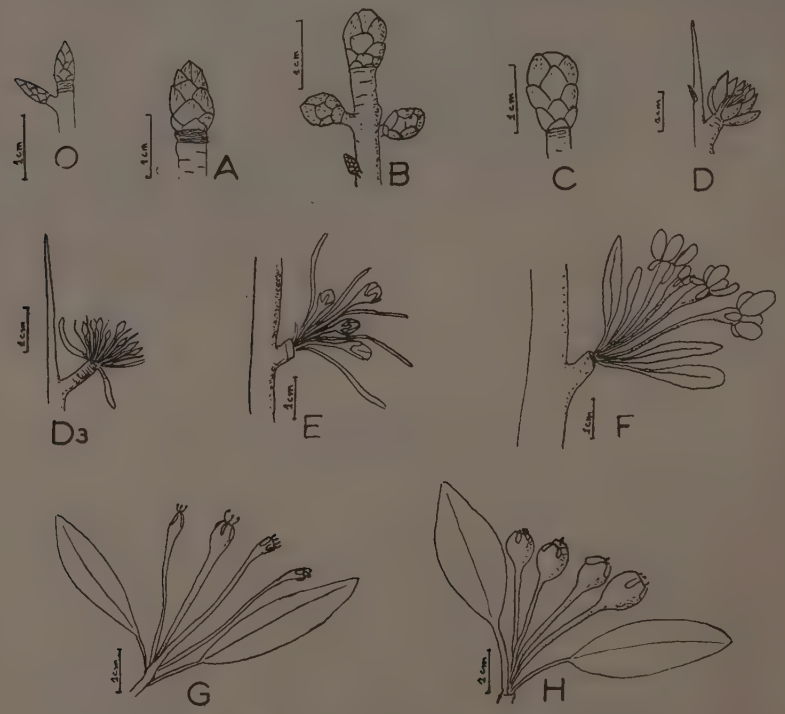


Fig. 73 — Stades-repères du bouton à fleurs du *Pyrus amygdaliformis*.

sa différenciation chimique qui ressort par la coloration plus forte au fur et à mesure de son dépôt a un rôle primordial.

2° *Pyrus amygdaliformis* Vill. C'est une espèce strictement méditerranéenne dont l'extension a été précisée par BREISTOFFER (1952) :

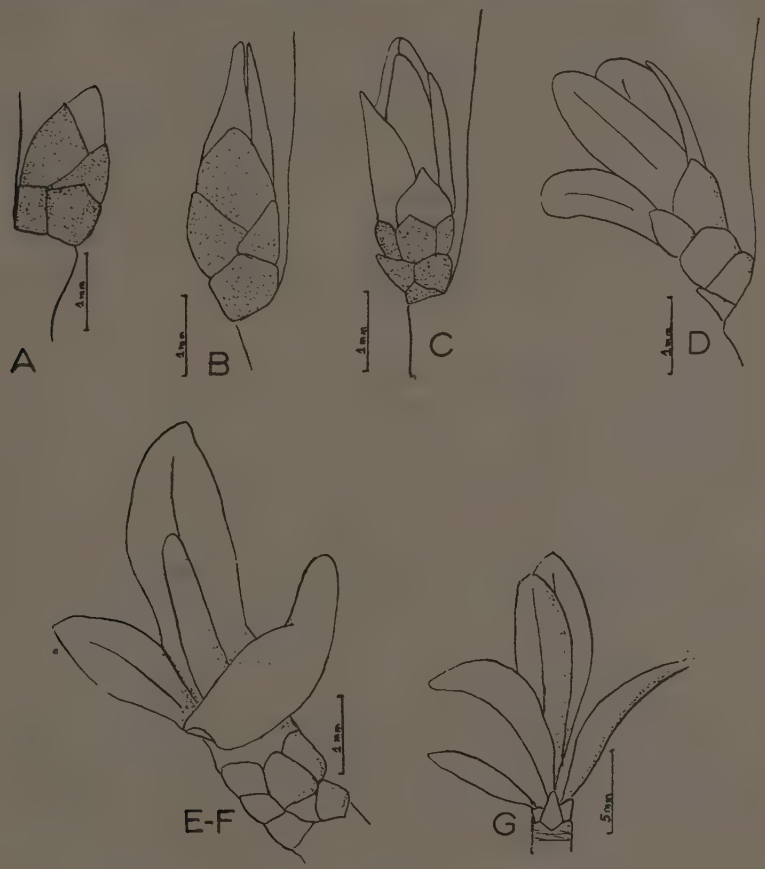


FIG. 74. — Evolution des dards de *Pyrus amygdaliformis*. —
A : fin février ; B : début mars ; C : fin mars ; D : 1er avril ; E-F : 4 avril ; G : 10 avril.

Ardèche, Berrias, Vogué, Viviers sur Rhône ; Drôme : Suze-la-Rousse, Nyons ; Tarn ; Aveyron ; Basses-Alpes ; Hautes-Alpes (Gap).

Espagne, Grèce, Cyclades, Crète, Carpathes, Thrace, Bulgarie, Crimée (très rare), Italie, Anatolie.

Il est très répandu dans la garrigue montpelliéraine. On le trouve associé à *Paliurus spina-christi* Mill. (= *P. australis* Gaertn.) dans les ravins. Ces deux arbustes jalonnent les cours d'eau temporaires et les

pentes à circulation d'eau souterraine (KUHNHOLTZ-LORDAT, 1932, 1954). Le *Pyrus amygdaliformis* remonte plus haut dans le thalweg et jalonne le cone de réception. Son appareil radiculaire est puissant.

Nous l'avons relevé entre autres dans les clairières du Bois de Fontfroide, mais il est toujours localisé le long des ravinements. Il sort rarement de la région de l'Olivier ; son aire d'extension correspond à celle du *Juniperus oxycedrus*.

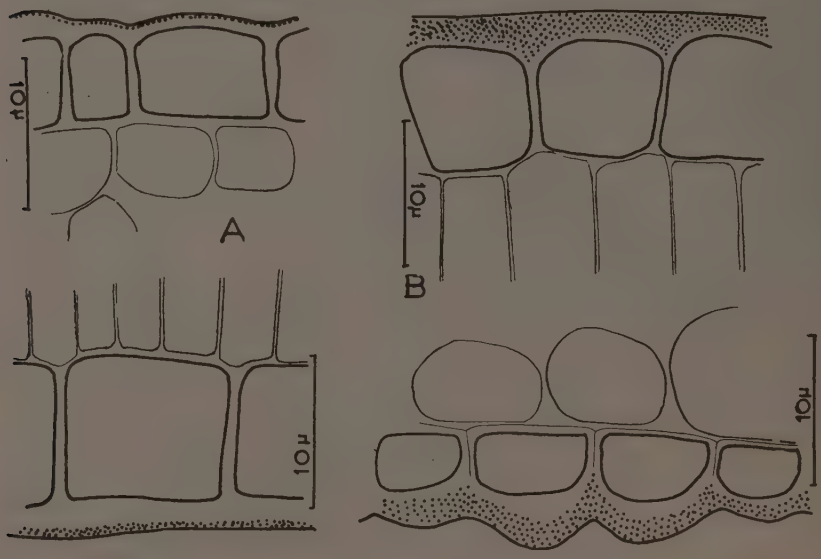


FIG. 75. — *Pyrus amygdaliformis* — Evolution de la cuticule. — A : 3 avril, feuille étalée : cuticule sur les 2 faces ; B : 29 mai, cuticule très épaisse.

La mise à fruits est tardive ; de nombreux sujets âgés de la garrigue ne sont pas à fruits ; aussi pour l'étude phénologique (fig. 73-74) nous avons mis en parallèle l'évolution des boutons à fleurs et celle des dards avec une désignation correspondante. L'évolution des dards, ainsi qu'elle ressort du tableau ci-dessous est beaucoup plus tardive même sur les sujets à fleurs.

	Bouton à fleurs	Dard
O. Bourgeon dormant		
A. Gonflement	5-20 février	25-28 février
B. Rupture	25 février	7-20 mars
C. Éclatement	8-12 mars	25 mars
D. Bouton vert	13-16 mars	25-mars-1er avril
E. Apparition des pétales	21-27 mars	2-4 avril
F. Floraison	25 mars-7 avril	
G. Chute des pétales	1er-10 avril	
H. Nouaison	13 avril	
I. Maturité	10 septembre	
J. Chute des feuilles	15 novembre	15 novembre

Etude de l'épiderme foliaire et de sa cuticule (fig. 75)

La feuille pliée dans le bourgeons n'a pas de cuticule. Dès l'ouverture de la feuille la cutine commence à se déposer et la cuticule s'épaissit rapidement ·

	Face sup.		Face inf.	
	Épid.	Cutic.	Épid.	Cutic.
3 Avril — Feuille pliée	13 µ	—	8	—
3 Avril — Feuille ouverte	13	0,3	8	0,3
3 Avril — Feuille étalée	13	0,6	8	0,6
29 Mai	13	1,5	8	2
4 Octobre	15	4	8	3

c) Influence de quelques facteurs naturels sur l'évolution du parasite

1° Distance. — La distance entre les deux hôtes intervient en premier lieu ; plusieurs travaux ont eu pour objet de déterminer les distances de propagation du *G. fuscum*. C'est d'abord le voisinage immédiat qui a orienté Eudes-Deslongchamps et Oersted vers la possibilité du cycle hétéroïque. Eudes-Deslongchamps (1837) a constaté qu'à 200 pas l'attaque de rouille est moins forte qu'au voisinage du Genévrier. Bremer (1951) a étudié les possibilités de dissémination et conclut, d'après des exemples précis, à une distance possible de 5-6 km entre les deux hôtes. Cependant il considère qu'une forte attaque a lieu dans un rayon de 200 m. Pour *G. juniperi-virginianae*, qui attaque les Pommiers en Amérique, Reed et Crabill considèrent la distance de 3 km comme normale ; Giddings et Berg (1914) parlent de 1 km. Pour Gäumann il faut une proximité de 100 m. H. Fischer (1949) estime négligeable la transmission de la rouille au-delà de 200-300 m. MacLachlan (1935) considère que l'infection des Pommiers par *G. juniperi-virginianae* peut encore avoir lieu à 12 km. Staehelin et Wurgler (1948) ont chiffré l'infection à différentes distances :

Voisinage immédiat	950	feuilles	sur 1 000
A 50 m de la source d'infection	100	—	—
A 200 m — —	20 à 30	—	—
A 1 000 m — —	2	—	—

Nos observations nous montrent en effet qu'une attaque grave n'a lieu qu'en cas de voisinage immédiat et que, en s'éloignant du foyer, les possibilités d'infection diminuent. Cependant les hôtes téliens *J. phoenicea* et surtout *J. oxycedrus* sont si abondants dans notre région qu'il est difficile d'estimer les distances de propagation. De plus les vents dominants importants, principalement ceux qui soufflent lors des périodes pluvieuses correspondent aux pluies des périodes d'infection.

Quant à la dissémination par les courants aériens à haute altitude, elle a certainement lieu ; cependant la faible vitalité des basidiospores ne leur permet pas de conserver leur pouvoir germinatif ; de plus, les pressions atmosphériques de ces couches nuisent aussi à une dissémination efficace.

2° Influences climatiques. — Nous les groupons en un seul paragraphe, en raison de leur intrication naturelle. Ainsi que nous l'avons dit plus haut, une année à été humide et frais telle que 1954 a favorisé la maladie et a amené un raccourcissement de l'ensemble du cycle écidien (écidies mures dès le 15 septembre ; en année normale maturité 5-15 Octobre).

D'autre part l'incubation est beaucoup plus longue (20-30 jours) au début de la période d'infection qu'à la fin (15-18 jours dans la 3e décade d'Avril). Nous attribuons ces différences aux variations de température de ces périodes.

Maire, Dumée et Lutz (1903) observent les écidies en octobre, en Corse.

Viennot-Bourgin (1933) observe les écidies le 12 Octobre 1932 sur Poirier en Seine-et-Oise.

Savulescu (Tr. et O.) (1941) observent les écidies en septembre en Roumanie.

Ces récoltes en Corse, Seine-et-Oise, concordent avec les nôtres. En Roumanie les écidies apparaissent plus tôt.

Les influences des autres facteurs (action du vent sur la dispersion, action de l'humidité sur la formation des gouttelettes de nectar, et sur les mouvements du pseudopéridium) se retrouvent pour cette espèce.

3° Influences phénologiques. — Ciferri (1945) remarque que les feuilles jeunes sont très sensibles, alors que les feuilles âgées le sont moins, et qu'une blessure est souvent nécessaire à la pénétration du champignon.

Nous avons également constaté d'après nos inoculations que les feuilles jeunes (à cuticule non épaissie) étaient beaucoup plus sensibles. Dès que la cuticule atteint une épaisseur de 0,5 μ sur une feuille étalée (début Mai), elle est à l'abri de toute pénétration du parasite. Cependant le bord des feuilles reste encore un point de moindre résistance sur les feuilles âgées, ce qui favorise la localisation des infections tardives en ces points.

Gäumann (1950) constate que certaines variétés de *Pyrus*, greffées sur Cognassier tendent à devenir chlorotiques et par suite immunes à *G. fuscum*. Nous avons constaté de tels faits sur nos Poiriers en expérimentation greffés sur Cognassiers et plantés en sol calcaire.

4° Animaux. — De nombreux insectes visitent les taches couvertes de spermogonies et sucent les gouttelettes de nectar.

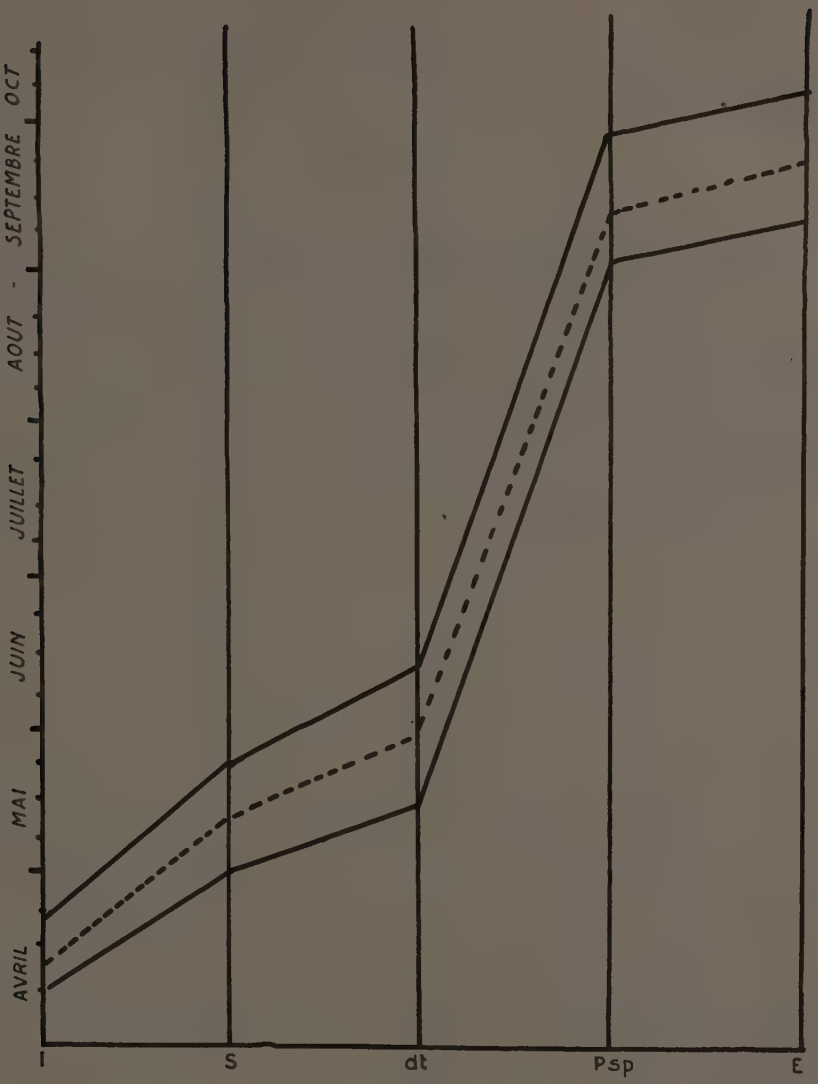


TABLEAU J

Evolution de la phase écidienne de G. fuscum ;

I, inoculation ; S, spermogonies ; dt, début de tumeur ; Psp, pseudopéridium ; E, émission des écidiospores.

Les escargots broutent les tumeurs foliaires bourrées d'amidon.

5° Parasites. — *Tuberculina persicina* (Ditm.) Sacc. parasite fréquemment les écidies et empêche l'émission des écidiospores ; l'infection a lieu dès l'apparition du pseudopéridium, c'est-à-dire dès qu'il y a une porte d'entrée.

IV. — CONCLUSIONS

Le *G. fuscum* a, comparativement aux autres espèces, un cycle beaucoup plus allongé.

La formation des téliospores est plus tardive, et leur maturité décalée par rapport aux autres espèces. Quant au stade écidien son développement complet jusqu'à la maturité des écidies est plus long.

Si nous représentons par une courbe (tableau J) l'évolution de ces stades, l'allure de cette courbe est spéciale ; elle présente en effet une inflexion entre l'axe des S et celui de dt, avant de présenter une section très allongée correspondant au développement de la tumeur.

Il y a parallélisme entre les courbes de la période de début d'infection et celles de la fin.

Chapitre IV

GYMNOSPORANGIUM CLAVARIAEFORME (Jacq.) DC.

I. — HISTORIQUE

C'est la première espèce d'Urédinée qui ait été décrite et dessinée (Malpighi, 1675). C'est aussi pour dénommer son stade télien que Micheli (1729) a créé le genre *Puccinia* : *P. non ramosa*.

Cette espèce provoque sur les rameaux de *Juniperus communis* une déformation fusiforme et sur les Rosacées des tumeurs écidiennes à pseudopéridium caractéristique. Elle est très abondante en Europe et répandue dans la zone tempérée ; elle a été l'objet de nombreuses études et d'un recensement poussé.

Jacquin (1788) dans ses Collect. ad Bot. dénomme ce champignon *Tremella clavariiformis*.

De Candolle (1815) décrit *G. clavariaeforme* (Jacq.) DC. et met en synonymie *T. clavariiformis* Jacq. ; par ailleurs il décrit *Aecidium laceratum* sur *Malus* et *Crataegus*.

Oersted (1867), le premier, a montré les rapports entre *Roestelia lacerata* Sow. et la forme télienne.

Cornu (1878) réalise des inoculations de *Crataegus oxyacantha* avec des exemplaires prélevés sur *J. oxycedrus* aux environs de Montpellier.

Rathay (1880) établit aussi les relations entre *Roestelia lacerata* et *Podisoma clavariaeforme*, et reconnaît comme hôtes : *Crataegus oxyacantha, Cr. monogyna, Pyrus, Sorbus torminalis*. De plus, il constate la précocité de *Podisoma clavariaeforme* par rapport à *P. sabinae*.

Farlow (1880) précise la position relative des deux types de téliospores : spores externes trapues colorées et spores internes très allongées et claires. Aux Etats-Unis d'Amérique, cette espèce est rare et ne se présente que sur tige alors qu'en Europe elle est signalée sur feuilles.

Plowright (1887) reprend les inoculations sur *Crataegus oxyacantha* ce qui lui permet de dresser un tableau sur la durée d'incubation d'où nous pouvons tirer la conclusion suivante : l'incubation est plus longue au mois d'Avril (16-18 jours) qu'au mois de Mai (10-13 jours). Ceci est, à notre avis, en relation avec la température. Plowright a réussi à inoculer le Poirier. D'autre part il a réalisé l'infection de *J. communis* avec les écidiospores de *Roestelia lacerata*. La tumeur télienne se forme dans l'année en cours ; la formation des sores a lieu un an plus tard.

Thaxter (1887-1889) obtient la forme *Roestelia lacerata* sur *Crataegus tomentosa*.

Tubeuf (1891) inocule *Cr. oxyacantha, Cr. grandiflorus, Cr. sanguinea, Cr. nigra.* Par contre il n'obtient que des spermogonies sur *Cydonia, Pyrus aucuparia* et quelques écidies sur *Pyrus latifolia.*

Peyritsch (in Tubeuf) infecte *Cydonia, Crataegus nigra, Cr. Douglasii* et *Pyrus communis.*

Wakker (1892) étudie les modifications anatomiques provoquées sur l'Aubépine : liège, collenchyme, sclérenchyme et chlorophylle ne sont pas formés. La lignification des rayons médullaires ne se poursuit pas et il y a quelques espaces intercellulaires. Le cambium interfasciculaire ne se forme pas. Les cellules parenchymateuses sont hypertrophiées radiairement. Dans les tissus ainsi déformés l'amidon est très abondant ; par contre l'accumulation d'oxalate de calcium est moins importante.

Woernle (1894) s'attache à la déformation provoquée par le parasite sur Genévrier. Une croissance accrue a lieu dans le bois, le liber et l'écorce. Dans les rameaux faibles le bois augmente moins que les autres parties. L'augmentation est surtout sensible dans le liber. Cette croissance anormale absorbe l'eau apportée au point que la partie supérieure de la branche meurt et que les bourgeons dormants (au niveau de la tumeur) entrent en activité. L'augmentation de croissance favorise le nombre des rayons médullaires. Le parenchyme ligneux est abondant et de larges plages de parenchyme sont fréquentes dans le bois. Le liber est irrégulier ; les fibres restent à paroi mince et ne sont plus droites. Le mycelium envahit les espaces intercellulaires du liber et de l'écorce. Sous les cicatrices de chute des sores se forment des couches de liège qui ne sont pas traversées par de nouveaux sores.

Peglion (1896) étudie les déformations sur *Crataegus oxyacantha.*

Sappin-Trouffy (1896) caractérise le mycelium télien par ses filaments larges, ramifiés, à paroi épaisse et jaunâtre (caractère de mycelium vivace d'après De Bary). Il n'a pas retrouvé ce caractère chez les autres espèces vivaces. En outre, il compte quatre chromosomes chez cette espèce.

Geneau de Lamarlière (1898) étudie les modifications anatomiques produites par le stade *Roestelia.* Le champignon agit sur des tissus homologues dans les divers organes. L'attaque du parasite produit un arrêt dans la différenciation des éléments : tissus protecteurs mal développés, tissus conducteurs peu développés, tissus de soutien transformés en tissus nutritifs (parenchymes hypertrophiés devenant bourrés de réserves) ; l'écorce et le tissu lacuneux sont hypertrophiés. Le mycelium intercellulaire est surtout localisé dans le péricycle et le liber. En 1905 ce même auteur s'attache à préciser les répercussions anatomiques du *G. clavariaeforme* sur la tige de *J. communis.* Il constate une hypertrophie et une déformation importante des parenchymes moins nette dans le bois secondaire ; les tissus de soutien sont peu diminués, les tissus pro-

tecteurs sont normaux ; quant aux tissus sécréteurs leurs modifications sont variables ; il observe enfin des filaments myceliens dans le liber secondaire.

En conclusion GENEAU de LAMARLIÈRE compare l'action du mycelium des deux générations : l'un vivace polycarpique, l'autre annuel monocarpique.

FISCHER (1898-1904) rassemble les données biologiques sur le développement de cette espèce et la compare avec *G. confusum, G. sabinae* et *G. juniperinum.*

ARTHUR (1908-1915) réalise le cycle entre les hôtes : *J. sibirica* et *Malus, Amelanchier erecta* et *Crataegus cerronis.*

KERN (1911) met en synonymie de *G. clavariaeforme* : *G. gracile* et *G. oxycedri.*

SYDOW (1915) met aussi *G. gracile* en synonymie.

Ainsi que nous l'avons déjà dit au chapitre I, MAIRE (1917) apporte la distinction importante entre *G. clavariaeforme* et *G. gracile.* Cette dernière espèce étant caractérisée par la formation d'un balai de sorcière sur *J. oxycedrus* alors que *G. clavariaeforme* provoque un fuseau sur les rameaux de *J. communis.* Cette manière de voir est par la suite adoptée par FISCHER et tous les autres mycologues contemporains.

ERIKSSON (1919) considère qu'il existe trois races dans cette espèce :

1° f. *crataegi* sur *Crataegus* spp., qui infecte faiblement *Cydonia, Pyrus communis, Amelanchier* ;

2° f. *pyri-communis* sur *Pyrus communis* et qui attaque plus difficilement *Crataegus, Cydonia* et *Amelanchier* ;

3° f. *amelanchieris* sur *Amelanchier* spp. et qui peut attaquer les *Crataegus.*

MONTEMARTINI (1920) décrit une forme *longissima* sur *Cr. oxyacantha* qui est par la suite mise en synonymie.

ARNAUD (1923) : le cycle méridional est :

J. communis, Cr. monogyna, les autres hôtes étant absents.

FRAGOSO (1924) met *G. oxycedri* en synonymie de *G. clavariaeforme.*

ARNAUD (1931) d'après les observations antérieures cite les téleutospores sur *J. communis, oxycedrus, nana.* les écidies se trouvant sur *Cydonia, Cr. monogyna, Cr. oxyacantha, Cotoneaster, Amelanchier* et rarement le Poirier.

GONCALVES DA CUNHA (1936) met aussi *G. oxycedri* en synonymie.

JORSTAD (1938) observe la localisation de cette espèce en Norvège sur les Poires et divers *Crataegus.* Les écidies sont mûres du 19 Juin au 28 Août.

VIENNOT-BOURGIN (1949) résume les observations des auteurs qui ont étudié cette espèce et donne les différents hôtes reconnus.

Enfin de nombreux autres auteurs citent le *G. clavariaeforme* dans

leurs récoltes ; nous allons utiliser leurs renseignements pour établir la répartition de cette espèce.

Répartition

G. clavariaeforme est répandu dans toute la zone tempérée où se rencontrent ses hôtes. Connu tout d'abord en Europe, il a été par la suite trouvé en Amérique du Nord, puis en Asie. CROWELL (1940) fait de *G. clavariaeforme* une grande espèce tricontinentale (fig. 75 bis).

FIG. 75 *bis*. — Carte de répartition de *G. clavariaeforme*.

En France il existe partout où existe *J. communis*. Nous avons en particulier relevé les stations suivantes :

Champagne : MAURY ;
Auvergne : HARIOT, BREVIÈRE, RAYSS, GUFFROY ;
Aquitaine : MAYOR, DUPIAS, BIERS ;
Charente-Inférieure : Société des Sciences Naturelles ;
Alpes : HEIM, MAYOR.

Région méditerranéenne :
Alpes Maritimes et Basses Alpes : GUYOT ;
Corse : HARIOT, MAIRE et al., MAYOR et VIENNOT-BOURGIN ;
Vaucluse : LAGARDE (Ventoux) ;
Gard : ARNAUD, FISCHER ;
Aude : DUPIAS ;
Pyrénées Orientales : Herb. ROUMEGUERE (1879, n° 749), DUPIAS, NICOLAS et AGGERY ;

Hérault : Cornu (1878) a réalisé des inoculations avec des échantillons de *Podisoma clavariaeforme* sur *J. oxycedrus* des environs de Montpellier (à Launac près de Fabrègues).

Celotti (1887) cite cette espèce sur *Cr. oxyacantha* et *Cr. azarolus*.

Boyer et Jaczewski (1894) signalent cette espèce aux environs de Montpellier sur *Crataegus* et sur *J. communis* à Montarnaud et Saint-Martin-de-Londres.

Lagerheim (1899) le cite sur *Cydonia* à Montpellier et dans l'ouest du département à Saint-Chinian et Pardailhan.

Mayor (1949) le signale dans les environs immédiats de Montpellier sur *Cr. oxyacantha* et *J. oxycedrus*.

Nous avons, pour notre part, prospecté les environs de Montpellier. Cette espèce y est peu fréquente. Nous ne l'avons, en effet, trouvée qu'à Grabels sur *J. communis* où il n'existe qu'en faible quantité mais nous avons pu y suivre son développement. Plus au nord, au-delà de Saint-Martin-de-Londres, *J. communis* devient plus abondant et par suite *G. clavariaeforme* est aussi plus fréquent.

II. — LE CHAMPIGNON

1° Synonymie

Connu depuis longtemps et de plusieurs régions différentes ce Gymnosporangium a reçu de nombreuses dénominations parmi lesquelles nous relevons :

Puccinia non ramosa Micheli, 1729 ;
Tremella clavariaeformis Jacq., 1788 ;
Gymnosporangium clavariaeforme (Jacq.) DC, 1805.

Plusieurs auteurs avaient mis en synonymie les espèces suivantes : *G. gracile* Pat., *G. oxycedri* Bres., *G. orientale* Syd ;

Aecidium laceratum Sow. 1801 ;
Roestelia lacerata (Sow.) Fr. 1849.

2° Cycle

Oersted (1867) le premier a réussi à inoculer *Cr. oxyacantha*. Par la suite de nombreux chercheurs ont réalisé de nombreux essais que nous résumons ci-dessous :

Juniperus : communis, oxycedrus, sibirica ;

Rosacées :

Crataegus oxyacantha, monogyna, tomentosa, sanguinea, nigra, azarolus...

Pyrus communis ;

Sorbus torminalis, aucuparia, latifolia, aria ;

Amelanchier canadensis, ovalis ;

Cydonia ;

Mespilus ;

Malus.

Nos inoculations nous ont donné les résultats suivants :

Cydonia	> o
Crataegus monogyna	> o
Amelanchier ovalis	> o
Pyrus communis	< o
Pyrus amygdaliformis	< o
Crataegus ruscinonensis	< o
Malus communis	< o
Sorbus domestica	< o

III. — ÉTUDE MORPHOLOGIQUE ET BIOLOGIQUE

A. — DIPLONTE

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

1° Symptomes. — La déformation des rameaux de Genévrier est fusiforme ; elle peut atteindre 8-10 cm selon sa position sur le rameau (fig. 76).

2° Sores. — Sur la tumeur se forme un grand nombre de languettes orangées de 3-4 mm de long à l'état sec et 10-13 (→15) × 2-3 mm lorsqu'elles sont gonflées par l'eau.

3° Téliospores. — Elles sont de deux types (fig. 77-78) :

— Spores à membrane épaisse et colorée situées à la périphérie du sore : 76-86 × 13-17 µ ; membrane 2,5 µ.

La cellule supérieure de ces spores est arrondie et plus courte que la cellule inférieure d'au moins 10 µ.

Cellule supérieure	34,5	34	37
Cellule inférieure	44,5	45	49
	79	79	86

— Spores allongées fusiformes à membrane mince situées à l'intérieur du sore :

80-105 × 13-15 µ ; membrane 1,2 µ.

Les deux cellules sont égales et opposées par leur base.

Le pédicelle dans les deux cas est très allongé ; sa largeur est de 5 μ ; il est hyalin présentant parfois une lumière étroite au voisinage de la cellule inférieure de la spore.

Il existe un léger rétrécissement au niveau de la cloison.

Deux pores par cellule au niveau de la cloison.

FIG. 76. — *G. clavariaeforme* sur *Juniperus communis* : Déformation volumineuse. Etat au 19 mars 1953.

4° BASIDES. — 77 × 7,5 μ ;
Stérigmate 12 × 5 μ.
Basidospore réniforme 12-14 × 9,8-11 μ.

b) **Morphologie de l'hôte**

Ainsi que nous l'avons dit nous n'avons rencontré le *G. clavariaeforme* dans les environs immédiats de Montpellier que sur *J. communis* et dans de rares stations.

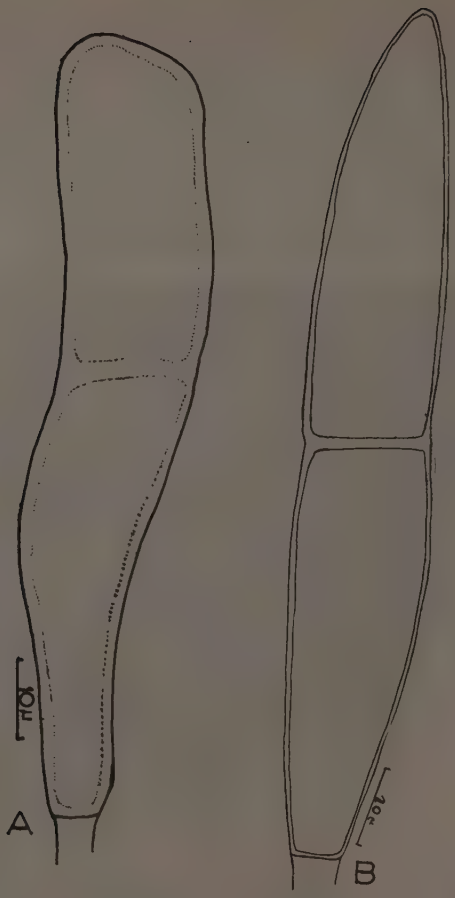


FIG. 77. — *G. clavariaeforme.* — A : téliospore à membrane épaisse
B : téliospore à membrane claire.

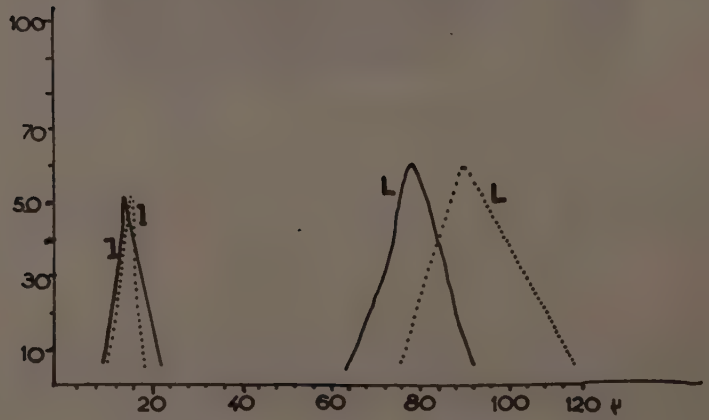


FIG. 78. — *G. clavariaeforme.* — Longueurs (L) et largeurs (l) des téliospores à membrane épaisse (trait plein) et des téliospores à membrane mince (pointillé).

J. communis L. Genévrier commun.

C'est un arbuste dioïque à feuilles aciculaires, ternées, dont la face supérieure n'est pas divisée par une bande verte longitudinale. La floraison a lieu au début du printemps ; les baies sont mûres (bleu foncé) à l'automne de la deuxième année.

La dioécie nous a incité à rechercher s'il existait une relation entre elle et le parasitisme. Nous n'avons observé aucune différence dans ce sens, tous les pieds mâles ou femelles pouvant être parasités par divers *Gymnosporangium*.

c) **Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du complexe hôte-parasite**

1° Morphologie. — La déformation de la tige de Genévrier peut atteindre une longueur de 10-15 cm. Le diamètre du rameau est modifié et peut atteindre le double de la dimension normale.

Ces tuméfactions peuvent même être très volumineuses ainsi qu'on le voit sur la figure 76.

2° Anatomie. — Les modifications anatomiques qui sont à l'origine de la déformation des rameaux de Genévrier ont été étudiées par Woernle (in Tubeuf), Geneau de Lamarlière. Nous n'ajouterons rien à ce qui a été décrit par ces auteurs.

Les tissus qui sont à l'origine de l'hypertrophie sont :

— Le parenchyme cortical à éléments hypertrophiés, dissociés par le mycelium ; il s'exfolie avec l'âge avec formation d'un liège cicatriciel.

— Les éléments du liber plus nombreux et irréguliers sont dissociés par le mycelium intercellulaire ; ils sont pénétrés par les suçoirs. Les fibres libériennes ne sont pas pénétrées.

— Le bois n'est pas pénétré par le mycelium ; les anneaux annuels sont beaucoup plus larges que dans la tige normale (deux fois plus épais) ; ce qui indique une excitation à la croissance. Les éléments ligneux contiennent de nombreux rayons médullaires qui prouvent l'absence de la lignification à leur niveau sous l'influence du parasite.

La moelle est sclérifiée et non pénétrée par le mycelium, son complet développement étant généralement fini lors de l'infection.

Geneau de Lamarlière décrit les dégâts sur feuilles de Genévrier. Nous n'avons pas eu l'occasion d'en observer.

3° Physiologie. — Les bourgeons dormants peuvent éclater sur le fuseau mais la vie des rameaux qu'ils donnent est courte et l'on trouve de nombreux petits rameaux morts sur les cécidies. De plus, au-dessus ou au niveau d'une cécidie cet excès de ramification peut donner un aspect de petit balai de sorcière.

La durée d'un fuseau est longue ; elle dépasse une dizaine d'années. GENEAU de LAMARLIÈRE en cite même de 20 ans.

Enfin la partie du rameau située au-dessus du fuseau a sa floraison et sa fructification réduites et souvent même annihilées.

2. — Biologie du diplonte

a) Conditions générales du développement du parasite

C'est en moyenne vers le 20 Février que commencent à apparaître les boursouflures correspondant aux stromas sporifères sur les fuseaux. De même que l'a observé MAIRE (1906) nous n'avons pas vu de cellule-tampon chez cette espèce.

Du 5 au 10 Mars le liège éclate et les sores apparaissent et se développent rapidement puisque dès le 15 Mars ils ont atteint leur maturité et sont donc capables de gonfler ; les spores qui les constituent germent à ce moment-là. Plusieurs périodes de germination ont lieu en rapport avec les conditions météorologiques : pluie, température (fig. 79).

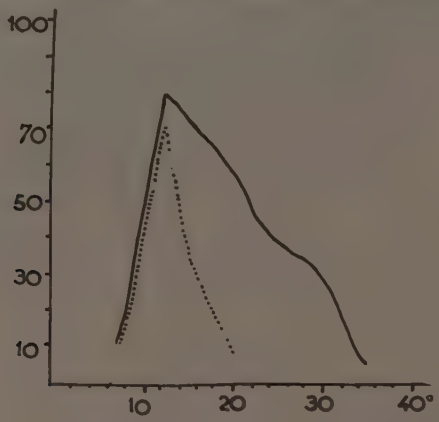


Fig. 79. — Courbes des températures de germination des téliospores (trait plein) et basidiospores (pointillé).

Au début d'Avril la majorité des spores a germé et il ne reste plus de clavules organisées à la surface de la tumeur. Cependant, si les conditions ont été défavorables au développement (froid, sécheresse) les sores peuvent se conserver jusque vers le 20 Avril, date la plus extrême observée par nous.

Si nous comparons cette évolution avec celle donnée par les quelques auteurs qui l'ont étudiée nous constatons que dans nos régions nous sommes en concordance avec DUPIAS (1951) pour la région toulousaine.

Au contraire dans des régions à climat plus froid l'évolution est plus tardive ; c'est ainsi par exemple que HEIM (1927) relève des téleutospores en Mai à Briançon (1300 m d'altitude). TUBEUF (1891-1893) en Allemagne considère normale l'apparition des téliosores du début Avril à début Mai.

La germination des téliospores donne des basides, puis des basidiospores qui germent immédiatement. Il y a un complexe météorologique qui influe sur la germination des spores et en même temps sur le développement des Rosacées.

b) **Biologie de l'hôte télien**

Juniperus communis L. — Le comportement de cette espèce est mal connu en dépit des nombreuses discussions qu'elle a motivées (CAMUS, GUFFROY, HY, RUSSELL, COPPEY...). On le rencontre sur divers substrats, aussi bien calcaires que siliceux, secs ou humides (CARRIÈRE, 1867). C'est une espèce septentrionale qui, à sa limite méridionale ne peut vivre qu'en montagne (EMBERGER, 1938). D'après GAUSSEN (1952) il supporte un climat plus froid, plus humide et moins lumineux que *J. oxycedrus*.

On le trouve entre autres dans la sous-association à *Erica arborea* dans l'association du Pin sylvestre (constante non caractéristique), dans l'association des Graminées xérophiles sur calcaires (constante), dans le *Molinieto-brachypodietum pinnati*, c'est-à-dire dans le Molinietum drainé (drainage indiqué par la présence de *Brachypodium pinnatum*) (BRAUN-BLANQUET, ALLORGE...).

Dans la région méridionale, les stations où nous l'avons rencontré appartiennent au *Querceto-buxetum* sous-association : Corylo-buxetosum (De B. P.) Br. Bl. où il existe comme compagne.

Plus au Nord, dans les Cévennes méridionales et sur le Causse du Larzac c'est une compagne de l'*Ericeto-genistetum microphyllae* Br. Bl.

Pour KUHNHOLTZ-LORDAT (1949) il appartient aux stades préforestiers de l'évolution de la végétation. Il se développe après les coupes de chênes verts et préfère les terres nues et meubles. Il repousse de souche après l'incendie (feu courant).

Il est rare dans la plaine méditerranéenne où il est remplacé par *J. oxycedrus*. Il monte jusqu'à l'Aigoual où il est commun dans la vallée jusqu'à 1 500 m (BRAUN-BLANQUET, 1933).

Sa faible abondance et son remplacement par le *J. oxycedrus* dans le Midi méditerranéen sont dus à ses exigences en humidité. Beaucoup moins abondant que le *J. oxycedrus* dans le Bas-Languedoc nous l'avons cependant observé dans plusieurs stations, mais il est rarement porteur de *G.* ; Grabels est la principale station de *J. communis* parasité par *G. clavariaeforme* et *G. tremelloides*.

PHÉNOLOGIE : FOEX et REY (1904) indiquent le début de la floraison de *J. communis* en Décembre. Nous avons séparé nos observations pour chacun des individus mâles ou femelles.

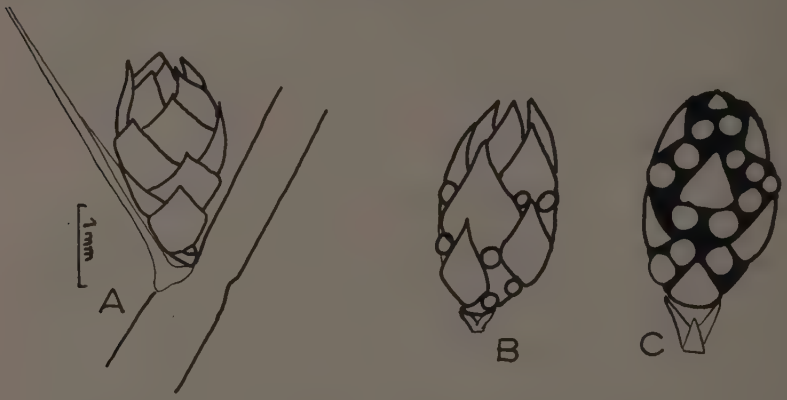


FIG. 80. — *J. communis*. — Evolution de la fleur mâle. — A : 16 mars ; B : 25 mars ; C : 7 avril.

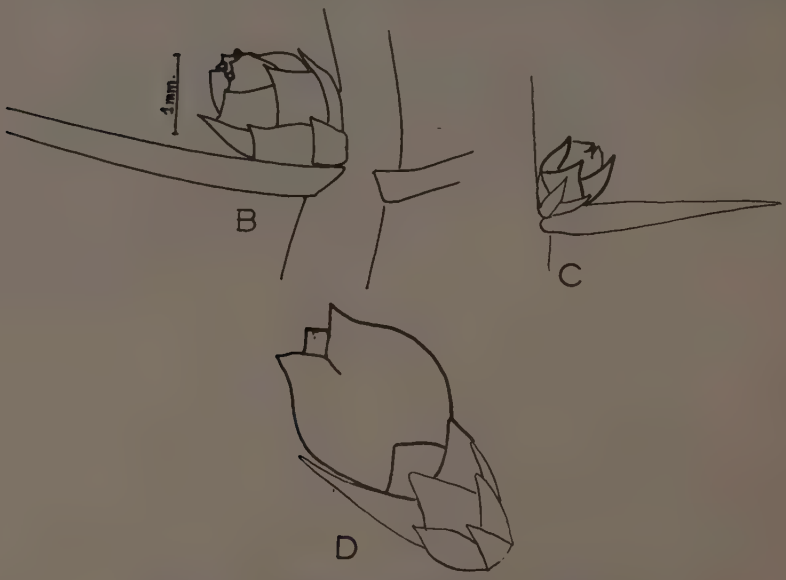


FIG. 81. — *J. communis* : Evolution de la fleur femelle. — B : 2 décembre ; C : 7 avril ; D : 29 avril.

Individus mâles : Les boutons floraux commencent leur développement en février ; la pleine floraison (pollinisation) a lieu fin mars-début avril. Elle est basifuge ; les premières inflorescences ouvertes sont celles de la base du rameau de l'année. Celles de l'extrémité sont les dernières à

s'ouvrir. La floraison peut se poursuivre jusqu'à la fin du mois d'Avril selon les conditions météorologiques. L'émission de pollen est en rapport avec l'hygrométrie ; elle a lieu par temps sec et chaud. La figure 80 représente l'évolution phénologique d'un individu mâle :

A. — Bourgeon : février.

B. — Éclatement (sac pollinique visible) début mars.

C. — Maturité (pollinisation) : 27 mars-10 avril.

Individus femelles : La floraison a lieu sur le rameau de l'année précédente. Les bourgeons commencent leur développement en hiver lorsque le temps le permet (absence de périodes trop froides) et poursuivent leur évolution jusqu'au printemps.

Nous avons pu observer des fleurs femelles avec micropyles développés, proéminents au début du mois de Décembre. La fécondation intervient seulement en Mars-Avril ; les fruits se développent et ne sont mûrs qu'à l'automne de l'année suivante. La figure 81 donne l'évolution phénologique d'un individu femelle :

A — Bourgeon : novembre-décembre.

B. — Micropyles visibles : 10 décembre.

C. — Fécondation : début avril.

D. — Fruit noué : fin avril.

c) Influence de quelques facteurs naturels sur l'évolution du champignon

Les facteurs naturels dont nous avons étudié l'action dans les chapitres précédents se retrouvent ici avec une action comparable.

1° Température. — Les exigences de température sont plus grandes que celles des autres espèces. En effet, ce champignon apparaît plus tard et par suite se prolonge plus longtemps ; il exige donc une température plus élevée. Ce qui confirme cela c'est aussi l'évolution plus tardive du parasite au fur et à mesure que l'on se déplace vers le Nord. Cette constatation est confirmée par le retard d'évolution du *G. clavariaeforme* dans certaines régions telles que l'Alsace où au mois d'Avril les sores se trouvent à peine définis (1).

2° Pluie. — Les sores de cette espèce résistent à plusieurs pluies consécutives.

3° Vent. — Le vent a peu de prise sur les sores ; ils sont en effet difficilement détachables même lorsqu'ils sont gonflés.

4° Animaux. — Tous les animaux prédateurs déjà cités se retrouvent dans les sores gélatineux.

(1) Nous remercions ici A. Vuittenez de la Station de Pathologie Végétale de Colmar qui nous a adressé de nombreux échantillons d'Alsace.

B. — HAPLONTE

1. — Morphologie et Anatomie

a) Morphologie du parasite

1° Spermogonies. — Les taches qui apparaissent à la fin de l'incubation sont rouge foncé, entourées d'une auréole jaune-vert. A la surface de ces macules se forment les spermogonies de forme classique :

130-150 (haut.) × 110-120 μ

2° Ecidies. — A la suite du mélange des thalles, se développe la

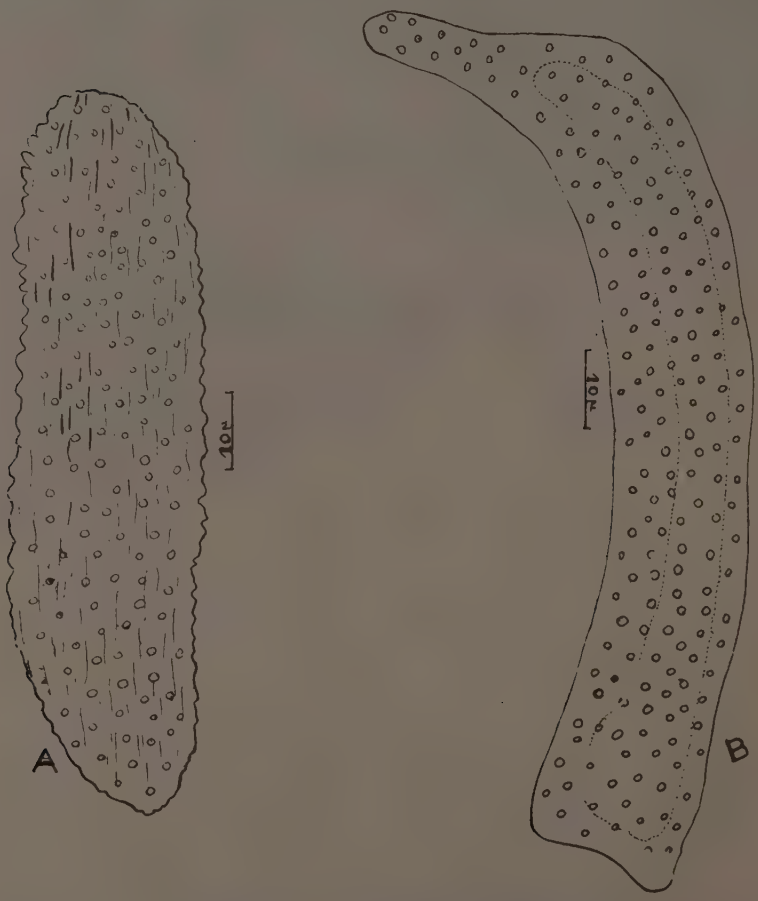


Fig. 82. — *G. clavariaeforme*. — A : face interne des cellules pseudopéridiales verrues et stries ; B : face latérale, verrues seules.

tumeur à l'intérieur de laquelle se différencient les écidies dont la partie extérieure cylindrique du pseudopéridium mesure 0,7-1,5 × 0,3-0.5 mm.

L'apex du pseudopéridium est conique, formé de cellules jointives ; par la suite cette extrémité se détachera. Au sommet du pseudopéridium les cellules mesurent 30 × 20 µ, 36 × 20 µ, puis passent rapidement à des cellules plus allongées : 45 × 17 µ., 75 × 18 µ et 102 × 13 µ (au niveau de la surface de la tumeur). Ensuite, vers la base de l'écidie les cellules deviennent plus courtes : 51 × 15 µ, 40 × 17 µ.

La membrane interne des cellules mesure 5-6 µ, d'épaisseur ; la membrane externe : 2-2,5 µ.

Ornementation : La face externe est lisse ; la face interne est verruqueuse et finement striée longitudinalement (fig. 82 A). Latéralement l'ornementation est formée de verrues irrégulières et grosses (fig. 82 B).

A maturité le pseudopéridium se divise en lanières longitudinales dans toute sa portion externe.

Les cellules du pseudopéridium situées au milieu de la file ont des prolongements vers le haut qui jouent un rôle dans les mouvements de cet organe, en empêchant un trop grand enroulement de ces files.

Les écidiospores brun clair sont sphériques ou ellipsoïdes ; elles mesurent 25-27 µ de diamètre ou 25-30 × 20-25 µ (ellipsoïdes). Elles sont munies de 6-8 pores. L'épispore 2-3 µ est finement verruqueuse.

b) **Morphologie des hôtes**

Les hôtes que nous avons reconnus dans la région prospectée ou à l'aide de nos inoculations sont : *Cydonia*, *Crataegus monogyna*, *Cr. ruscinonensis*, et *Amelanchier ovalis*.

Amelanchier ovalis Medikus : C'est un arbuste buissonnant, aux feuilles denticulées d'abord velues blanchâtres, puis vertes et lisses sur la face supérieure. Les jeunes pousses sont velues cotonneuses. A la maturité, l'arbuste est glabre, vert. Cette chute des poils que nous avons vue chez d'autres Pomacées joue peut-être un rôle dans la pénétration du mycelium de *Gymnosporangium*. C'est ce que nous avons essayé d'observer.

Les sujets que nous avons utilisés pour nos expériences sont issus de semis naturels récoltés au pied d'arbustes de la garrigue au milieu des feuilles sèches d'Amelanchier ; nous les avons transplantés en serre et en pleine terre.

Nous avons également essayé d'effectuer des semis, mais le pourcentage de germination est très faible (4 p. 100) même après stratification et il n'a lieu qu'au mois de Mai.

c) Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du parasitisme

Les conséquences du parasitisme de cette espèce sur les Pomacées sont comparables à celles des autres espèces. Selon la localisation de l'attaque et son importance, la déformation locale est plus ou moins préjudiciable pour la plante.

Les répercussions anatomiques de cette attaque ont été décrites par WAKKER (1892) (in TUBEUF), PORCELLI (1896). Nous n'avons rien à ajouter à ce qui a été décrit par ces auteurs.

Quant aux déformations elles se rattachent à ce que nous avons décrit pour d'autres espèces de *G.*

L'attaque fréquente du limbe entraîne une déformation de l'organe aux dépens du tissu lacuneux qui se cloisonne et provoque la tumeur formée par un tissu pathologique à aspect de parenchyme palissadique.

La localisation du parasite sur le fruit ou le pédoncule entraîne la mort de celui-ci. Enfin si le rameau est attaqué, sa mort peut survenir plus ou moins rapidement.

2. — Biologie de l'haplonte

a) Conditions générales de développement du parasite

La maturité des téleutospores et leur germination ont lieu fin Mars-début Avril ; c'est à ce moment-là que se produit l'infection des Rosacées. L'incubation dure en moyenne 9-15 jours ; les spermogonies apparaissent donc du 1er au 10 Avril ; l'hypertrophie de l'organe parasité commence à être visible à partir du 15 Avril, soit 10 à 15 jours après l'apparition des spermogonies.

Le pseudopéridium arrive à la surface de la tumeur du 29 Avril au 10 Mai (7-12 jours après le stade précédent) ; enfin, le pseudopéridium est entièrement développé et les écidies sont ouvertes 5-8 jours plus tard (15-30 Mai). Au total la durée du développement du stade écidien à partir de la pénétration du parasite jusqu'à l'émission des écidiospores est de 31 à 50 jours.

RATHAY (in BULLER 1950, p. 31) a constaté que le sucre est peu abondant dans le nectar des spermogonies de *G. clavariaeforme* (absence de goût et réaction, à chaud seulement, avec la liqueur de Fehling). Ce même auteur a également observé sur *G. clavariaeforme*, 17 espèces différentes d'insectes qui venaient visiter les spermogonies.

MONTEMARTINI (1925), DUPIAS (1943) pensent à une perennité du mycelium dans les rameaux d'Aubépine. Nous n'avons jamais constaté

un tel fait et nous ne pensons pas qu'il en soit ainsi, la mort du rameau survenant, au plus tard, au printemps suivant l'attaque sans qu'il y ait formation de nouvelles fructifications.

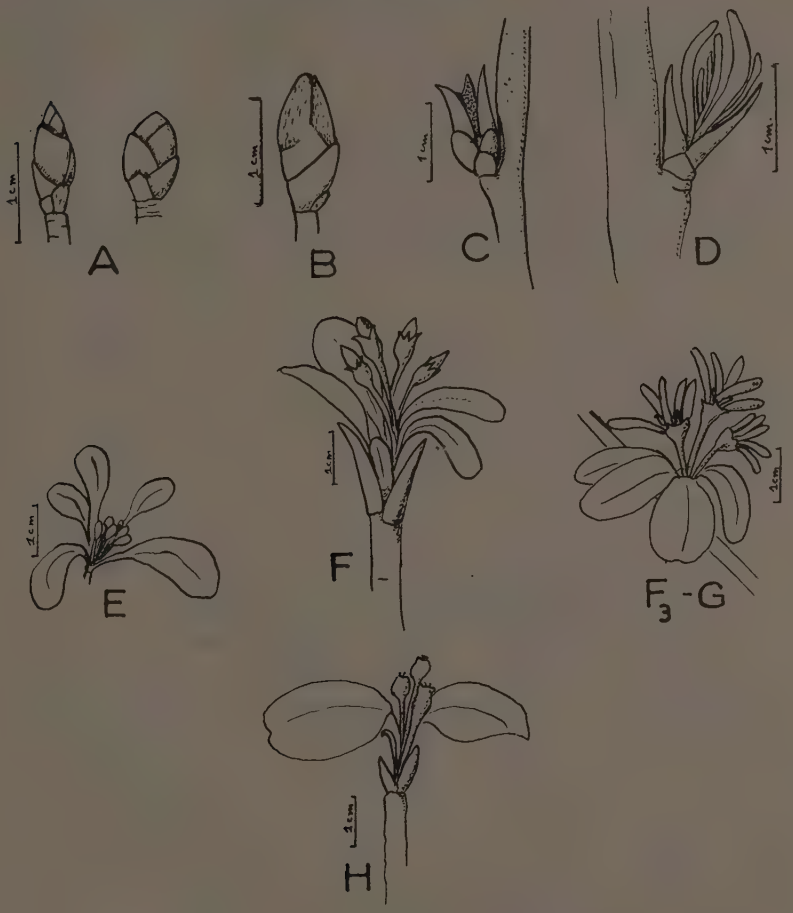


FIG. 83 — Stades-repères d'*Amelanchier ovalis*.

b) **Biologie des hôtes écidiens**

Nous étudierons seulement ici l'*Amelanchier*, renvoyant aux chapitres précédents pour les autres genres d'hôtes.

Amelanchier ovalis Medikus : Arbuste de l'Europe méditerranéenne et tempérée méridionale ; c'est une espèce montagnarde.

Nous ne le retrouvons pas en abondance dans notre région en raison de son caractère montagnard. Cependant l'Amelanchier existe au nord

de Grabels (Bois de Valène) et il descend même au sud de ce village sur des rochers calcaires dont il peuple la face Nord et dont la face Sud est dépourvue.

Il indique une légère amélioration de l'ambiance favorable au chêne pubescent (KUHNHOLTZ-LORDAT 1952, p. 166). On le rencontre, en effet, dans le sous-bois de l'Association du Chêne blanc (BRAUN-BLANQUET 1915, p. 91) ; c'est une caractéristique du *Quercetalia pubescentis* Br. Bl. qui se retrouve dans le *Querceto-buxetum* Br. Bl.

Phénologie : Le tableau ci-après donne les dates moyennes de chaque stade-repère.

Les dates que nous donnons ci-dessous sont le résultat de plusieurs années d'observation tant sur les sujets spontanés de la garrigue que sur les sujets en expérimentation au laboratoire (fig. 83) :

O. Bourgeon dormant	
A. Gonflement	25 février
B. Rupture	15 mars
C. Éclatement	31 mars
D. Bouton vert	7 avril
E. Apparition des pétales	10 avril
F. Floraison	17 avril
G. Chute des pétales	22 avril
H. Nouaison	25 avril
I. Maturité	20 août
J. Chute des feuilles	15 novembre

Développement de l'épiderme des feuilles :

Nous avons suivi le développement de l'épiderme et de sa cuticule selon les techniques exposées plus haut.

Nous avons réuni dans le tableau suivant l'épaisseur de l'épiderme et de la cuticule des faces supérieure et inférieure.

	Face sup.		Face inf.	
	Epid.	Cutic.	Epid.	Cutic.
F1 Feuille pliée	8-9 µ	—	8	0,3
F2 — à peine ouverte	11	—	8	0,3
F3 — ouverte	13	0,3	8	0,3
F4 (1)	15	0,5	8	0,3
F5	15	0,5	8	0,3
F6	15	0,6	10	0,6
29 mai	18	0,6 (2)	10	0,6
4 octobre	18	0,6 (2)	10	0,6

(1) — La numérotation croissante des feuilles correspond à un âge plus avancé.
(2) — La coloration au Soudan III est plus prononcée en rapport avec la différenciation chimique.

Au cours du développement l'épaisseur de la cuticule augmente peu, mais la modification chimique est importante. La coloration au Soudan III, légère au début, prend une teinte plus vive en même temps qu'elle apparaît plus nettement.

A la face inférieure la cutinisation est plus précoce et se développe plus rapidement. En effet, sur la feuille pliée, la face inférieure est, la première, exposée à l'air ; les premiers points de dépôt de cutine qui apparaissent sont ceux qui se trouvent au niveau des poils formant un anneau à leur base. Lors de la chute du poil, les cellules voisines ont leurs membranes mitoyennes en grande partie cutinisées. Les stomates sont également un point de départ de cutinisation ; le dépôt se forme en premier lieu sur la membrane à l'intérieur de l'antichambre stomatique et de là gagne la membrane externe de l'épiderme. On peut considérer que la cutinisation de la face *inférieure* des feuilles est terminée dès que la feuille est ouverte et a atteint ses dimensions adultes.

Le développement rapide de la cuticule met la plante dans un état de résistance vis-à-vis du parasite.

Il existe de plus à l'extrémité des dents des feuilles des poils pluricellulaires qui tombent sur les feuilles âgées. Il est possible que leur cicatrice de chute soit une porte d'entrée pour le parasite, le mécanisme de leur chute étant différent de celui des poils du limbe.

Enfin les sinus sont fréquemment le siège d'une pénétration tardive. Ce sont certainement des points où l'activité cellulaire se prolonge quelque temps après que la feuille a atteint sa taille normale.

c) **Influence de quelques facteurs naturels sur le développement du champignon**

Ainsi que nous l'avons fait ressortir plus haut, *G. clavariaeforme* est répandu dans toute l'aire des *G.* On le rencontre en effet depuis la Norvège jusqu'en Afrique du Nord, et sur les quatre continents tempérés chauds. Cependant les conditions d'évolution varient avec le milieu ; ainsi par exemple :

Dupias (1953) en conformité avec nos observations cite les écidies sur *Cr. monogyna* le 1er juin ;

Mayor et Viennot-Bourgin (1950) en Corse : écidies à peine ouvertes le 21 mai ;

Guyot (1951) à 1 000 m d'altitude : écidies 11 Septembre 1946 dans les Alpes Maritimes ;

Heim (1927) à Briançon : écidies en Septembre ;

Savulescu (1941) en Roumanie : écidies sur *Cr. monogyna* 15-30 Juin 1932 ;

Tubeuf (1893) réalise le cycle sur *Cr. oxyacantha* : inoculation 2 Mai, spermogonies 13 Mai, écidies 8 Juin.

Dans notre région l'activité des écidies n'est pas très longue. En effet les conditions estivales interviennent pour cette espèce appartenant à des régions plus humides et plus froides.

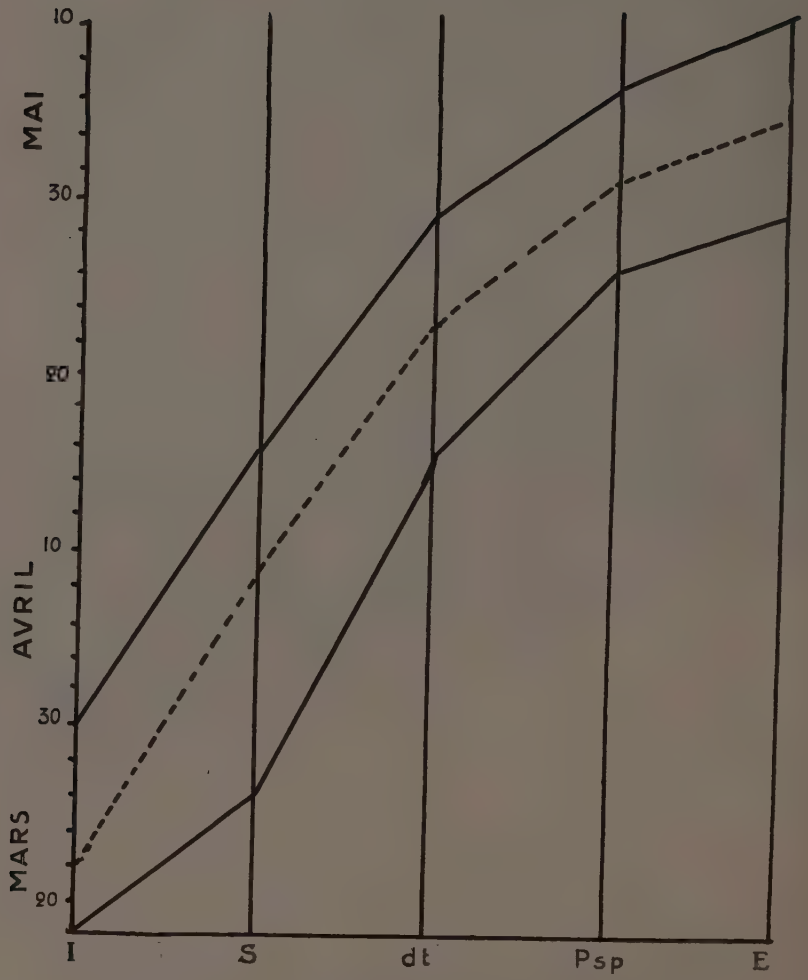


TABLEAU K

Evolution de la phase écidienne de G. clavariaeforme

I, inoculation ; S, spermogonies ; dt, début de tumeur ; Psp, pseudopéridium ; E, émission des écidiospores.

Les autres facteurs déjà étudiés pour les autres espèces interviennent d'une manière comparable dans le comportement de cette espèce.

IV. — CONCLUSIONS

Dans notre région *G. clavariaeforme* est une espèce à développement rapide. En effet, les sores apparaissent tard et l'évolution sur la Rosacée est rapide.

Sur le tableau K nous indiquons, comme pour les espèces précédentes, une courbe d'évolution de macule précoce, une courbe d'évolution tardive et une courbe d'évolution moyenne.

CHAPITRE V

GYMNOSPORANGIUM TREMELLOIDES Hart.

Nous ne voulons pas passer sous silence cette espèce en raison de quelques points intéressants qu'elle présente. Cependant nous serons

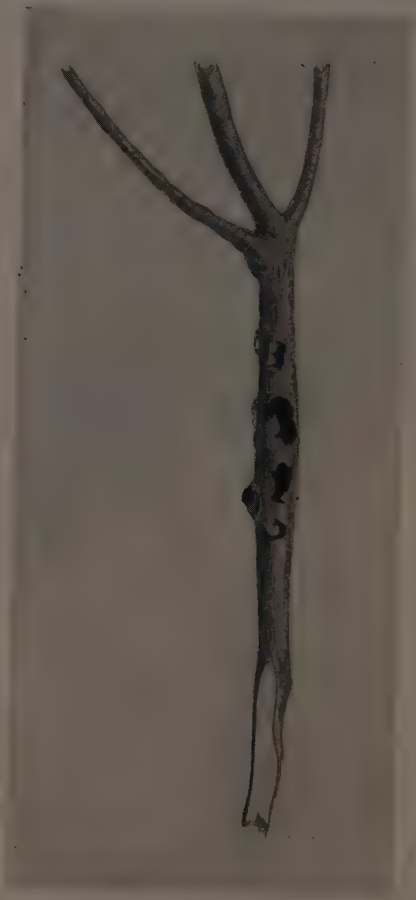


FIG. 84. — *G. tremelloides* sur rameau de *J. communis* : Déformation peu volumineuse. d'après aquarelle *(K. de Puysegur)*

bref à son sujet. En effet, au cours de nos prospections nous ne l'avons rencontrée que rarement ; de plus sa fugacité a beaucoup nui à nos expérimentations et à nos observations.

HISTORIQUE

Nous comprenons cette espèce au sens large ; en effet, elle a été décrite d'abord sous le nom de *G. juniperinum* (L.) Mart. Par la suite HARTIG la décrit sous le nom de *G. tremelloides*, aujourd'hui retenu comme binome en raison de l'attribution du terme *juniperinum* à plusieurs espèces. FISCHER, KLEBAHN trouvent sous cette dénomination plusieurs espèces ou races. En ce qui concerne nos échantillons nous ne pouvons que rester dans le cadre de la grande espèce.

FIG. 85. — *G. tremelloides* — Sore gonflé sur *J. communis* — 27 avril 1951.

Répartition

Elle fait partie des trois espèces tricontinentales de CROWELL (1940 b). Elle est très répandue en France mais elle est rare dans la région méditerranéenne.

Cycle. Hôtes téliens : *Juniperus communis* L., *J. nana* L. Hôtes écidiens : *Sorbus, Amelanchier, Malus.*

A. — DIPLONTE

1° **Morphologie** : Déformation peu apparente (fig. 84). Sores gros environ 5 mm de diamètre, plaqués contre le rameau. Le gonflement par la pluie donne une masse volumineuse (15-20 mm) orangé clair (fig. 85).

Les spores contenues dans cette masse sont de deux types (fig. 86) :
spores à membrane colorée : 35-42 × 23-28 µ.
spores à membrane claire : 45-54 × 17-20 µ.
Ces spores ont une membrane qui se gélifie à l'eau. Le pédicelle est très long.

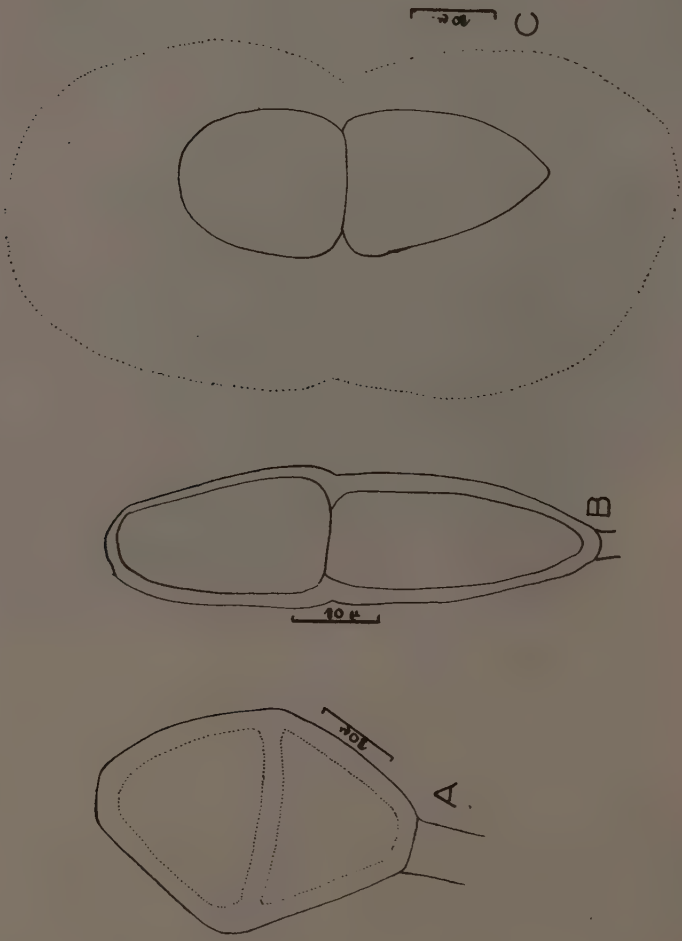


FIG. 86. — *G. tremelloides*. — A : Spore à membrane colorée ; B : Spore à membrane incolore ; C : Membrane gélatineuse turgescente.

2° **Conséquences morphologiques, anatomiques et physiologiques du parasitisme** : Les conséquences du parasitisme sur *J. communis* sont celles étudiées par GENEAU de LAMARLIÈRE (1905) : hypertrophie de l'écorce ; hypertrophie et dissociation du liber ; les fibres libériennes sont orientées en tous sens (fig. 87) et les cellules parenchymateuses sont

hypertrophiées ; une légère atrophie du bois ; les rayons médullaires sont nombreux et hypertrophiés vers l'extérieur. L'ensemble de ces conséquences auxquelles se joint une action toxique du parasite amène une mort rapide des brindilles parasitées.

Le mycelium intercellulaire très abondant se conserve cependant et progresse vers la partie saine du rameau qu'il tuera à son tour. On peut considérer qu'une déformation caulinaire produit des sores pendant deux ans au maximum. C'est un caractère que nous n'avons rencontré chez aucune des espèces étudiées jusqu'ici et qui implique des réinfections du Genévrier pour son maintien.

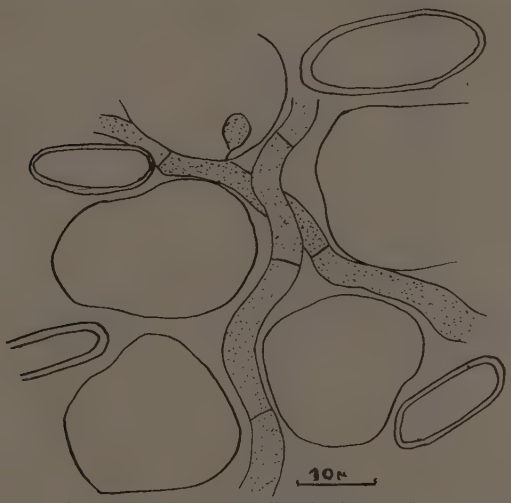


FIG. 87. — *G. tremelloides*. — Liber dissocié chez *Juniperus communis*. Les fibres libériennes sont éparses.

3° **Biologie** : Les sores apparaissent sur les rameaux dans la dernière décade du mois de Mars. Ils ne sont en état de germer qu'à la fin du mois d'Avril. Leur grosse masse gélatineuse ne leur permet pas, comme pour les autres espèces, des séries de gonflement et de rétraction. En effet, leur poids à l'état gonflé les rend sensibles au vent. C'est une des raisons de leur fugacité. C'est cette fugacité ajoutée à la rareté du parasite qui est en partie la cause du petit nombre d'inoculations que nous avons pu tenter.

Les sores apparaissent à la base des brindilles tuées ; c'est un critère en faveur de la perennité de courte durée : 2 ans au maximum.

4° **Influence de quelques facteurs naturels** : C'est un champignon à évolution tardive (maturité fin Avril) qui exige donc une température plus élevée (fig. 88).

La pluie est nécessaire et les besoins en eau sont supérieurs à ceux des autres espèces ; la masse du sore est importante et le maintien d'une forte humidité environnante est nécessaire pour éviter son dessèchement rapide.

Les prédateurs que nous avons vus sur les autres espèces de *G.* sont également attirés par elle.

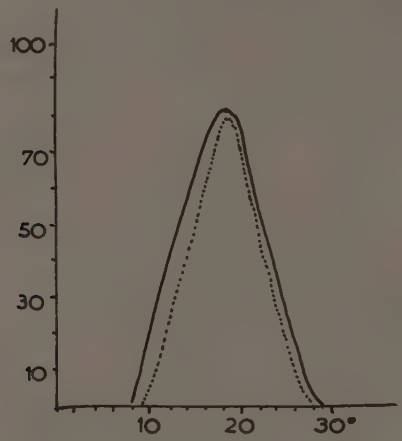


FIG. 88. — *G. tremelloides*. — Courbes des températures de germination des téleutospores (trait plein) et basidiospores (pointillé).

B. — HAPLONTE

Nous avons réalisé des inoculations, mais en raison de la faiblesse de nos résultats nous ne pouvons les généraliser. Nous avons tenté d'inoculer cette espèce aux Rosacées suivantes : *Cydonia, Crataegus monogyna, Cr. ruscinonensis, Pyrus amygdaliformis, P. communis, Amelanchier ovalis, Sorbus domestica, Malus communis*. Nous n'avons obtenu un résultat positif que sur *Amelanchier* et en faible quantité. Nos exemplaires en serre ont été broutés par un Gastéropode, ce qui ne nous a pas permis de suivre le complet développement de ce stade. Nous supposons cependant qu'il s'agit très vraisemblablement de *G. amelanchieris* Fischer, espèce détachée de *G. tremelloides*. En l'absence de certitude nous avons laissé cette espèce classée dans le *G. tremelloides* s. l.

En nous reportant aux récoltes faites sur *Amelanchier* dans la nature nous constatons la longueur de ce cycle, cependant plus court que celui de *G. fuscum*. Les dates moyennes ci-dessous nous permettent de tracer la courbe de développement (tableau L) :

Inoculation : 26 avril.

Spermogonies : 14 mai.
Début de tumeur : 28 mai.
Apparition du pseudopéridium : 25 août.
Émission des écidiospores : 1-10 septembre.

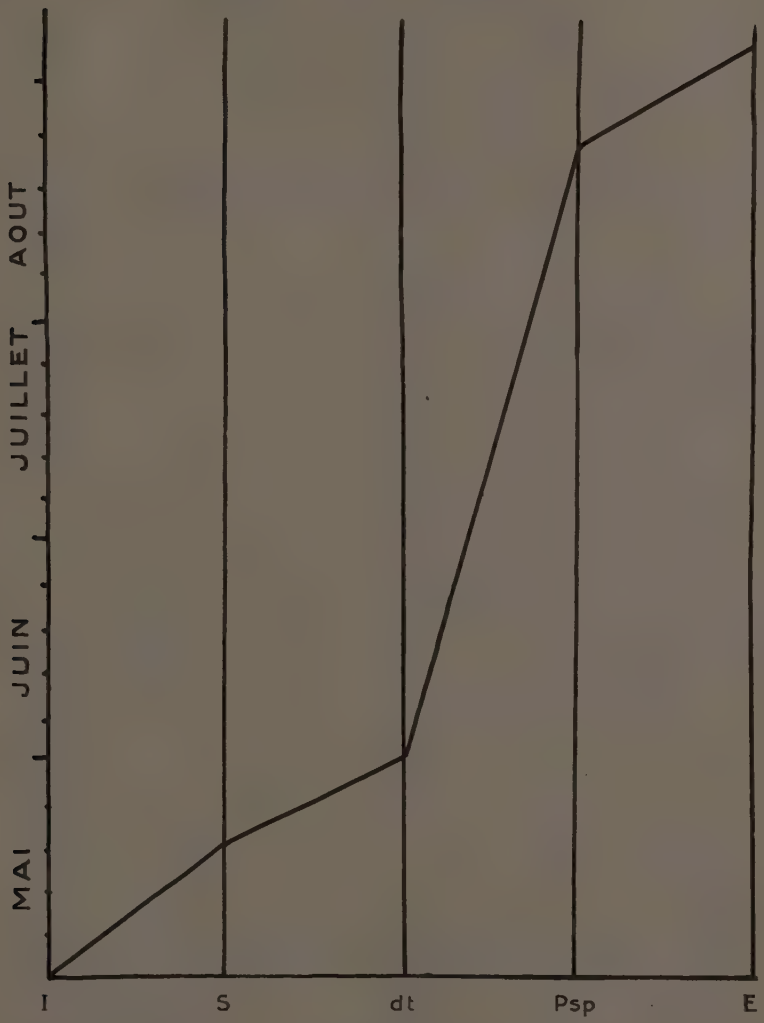


TABLEAU I.

Evolution de la phase écidienne de G. tremelloides

I, inoculation ; S, spermogonies ; dt, début de tumeur ; Psp, pseudopéridium ; E, émission des écidiospores.

3e PARTIE

COMPARAISONS GÉNÉRALES CONCLUSIONS GÉNÉRALES

I. — COMPARAISONS GÉNÉRALES

Les études que nous avons poursuivies sur les différentes espèces de *Gymnosporangium* du Languedoc nous permettent de comparer les points suivants :

A. — DIPLONTE

1° **Déformations produites par le diplonte** : Des modifications anatomiques sont provoquées chez les Genévriers : hypertrophie et hyperplasie par développement de méristèmes supplémentaires localisés par exemple sous les téliosores formant la cicatrice de chute, ou simplement excitation à la croissance des bourgeons dormants (*G. gracile*).

2° **Sores** : Ils sont caractéristiques ; petits, grêles, orange : *G. gracile* ; plus gros et orangé : *G. clavariaeforme* ; gros et brun : *G. confusum* ; brun noir : *G. fuscum* ; très volumineux et brun clair : *G. tremelloides*.

3° **Téliospores** : Les deux types de téliospores doivent à notre avis entrer en part pour la détermination des espèces. Leurs formes générales permettent de grouper d'une part les espèces du type *clavariaeforme* à spores allongées (*G. clavariaeforme, gracile*), d'autre part celles du type *fuscum* à spores plus courtes (*G. fuscum, confusum, tremelloides*).

Nous avons groupé toutes ces observations dans les tableaux ci-après :

Tableau de détermination par les sores

+ Sores orangés :	
— grêles sur balai de sorcière	*G. gracile*
— plus gros, sur fuseau	*G. clavariaeforme*
+ Sores bruns :	
— brun roux, volumineux	*G. confusum*
— brun noir, plus petits	*G. fuscum*
— tremelloïdes, aplatis	*G. tremelloïdes*

Tableau de détermination par les spores (fig. 89).

+ Spores à membrane fortement colorée allongées : 55-80 × 15 µ :	
— Spores à membrane claire :	
++ 72-86 × 11-15 µ	*G. gracile*
++ 80-110 × 13-15 µ	*G. clavariaeforme*
+ Spores à membrane fortement colorée trapues : 35-45 × 23-28 µ :	
— Cellule supérieure *arrondie* ; spores à membrane claire allongées : 50-60 × 14-18 µ	*G. confusum*
— Cellule supérieure *conique* ; spore à membrane claire à peine plus longue, mais rétrécie à la cloison : 44-50 × 18-24 µ	*G. fuscum*
— Spores enrobées dans une gangue gélatineuse ; spores à membrane claire : 45-54 × 17-20 µ	*G. tremelloides*

Tableau général de détermination du diplonte

+ Espèce provoquant un balai de sorcière	*G. gracile*
+ Espèces provoquant un fuseau plus ou moins volumineux :	
— fuseau peu visible ; mort rapide	*G. tremelloides*
— fuseau volumineux :	
++ sores orangés	*G. clavariaeforme*
++ sores bruns :	
— bruns roux ; deux types nets de spores	*G. confusum*
— bruns noirs ; deux types de spores peu différents	*G. fuscum*

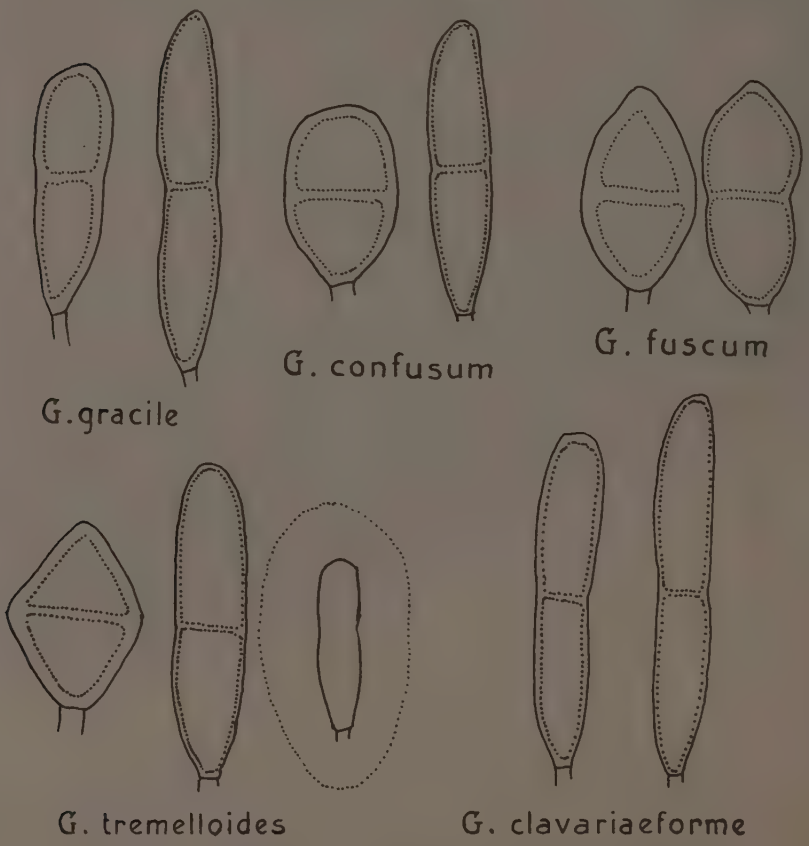


Fig. 89. — Schéma des deux types de téliospores des espèces étudiées.

B. — HAPLONTE

Les tumeurs écidiennes sont plus ou moins volumineuses selon la durée de l'évolution et selon l'organe attaqué. La déformation peut être considérée comme une réaction de défense ; la lutte entre l'hôte et le parasite serait d'autant plus forte que la tumeur serait plus grosse.

Comme dans le cas du diplonte des méristèmes supplémentaires

se créent et sont à l'origine de la tumeur. Les espèces à développement rapide produisent sur les feuilles des tumeurs peu volumineuses (*G. gracile, confusum, clavariaeforme*). Au contraire, *G. fuscum, G. tremelloides* produisent des tumeurs volumineuses en rapport avec la lenteur de leur développement.

Les caractères externes du pseudopéridium permettent une discrimination spécifique :

— Pseudopéridium à apex soudé persistant	*G. fuscum*
— Pseudopéridium long (1 mm et plus) :	
+ lacinié à l'extrémité	*G. confusum*
+ lacinié jusqu'à la base	*G. tremelloides*
— Pseudopéridium court lacinié à l'extrémité	*G. gracile* / *G. clavariaeforme*

L'ornementation des cellules du pseudopéridium varie avec chaque face ; elle est formée pour une même face de verrues plus ou moins grosses et serrées (*G. gracile, G. clavariaeforme*), ou de verrues et de crêtes selon plusieurs orientations (*G. confusum, G. fuscum*).

C. — BIOLOGIE

Les études biologiques, c'était là notre but principal, nous ont permis de préciser les conditions de développement des espèces et l'influence des facteurs du milieu : pluie, état hygrométrique, température.

Pour toutes ces espèces la pluie est indispensable et doit avoir une certaine durée. Une pluie minimum de 4 mm à faible intensité répartie sur un minimum de 10 h est nécessaire au gonflement des téliosores et à la germination des spores. Le milieu doit ensuite conserver un degré hygrométrique supérieur à 90 pour favoriser la pénétration des Rosacées.

Nous avons mis ici en lumière le rôle de la cuticule et en particulier son pouvoir de rétention de l'eau chez certaines espèces par la surface rugueuse.

Une espèce de *G.* est particulièrement exigeante en humidité en raison du caractère de ses sores volumineux qui absorbent une grande quantité d'eau : *G. tremelloides*.

La *température* joue également un rôle important alors que certaines espèces supportent même la neige au stade télien (*G. confusum*), d'autres à développement plus tardif exigent un minimum de température pour se développer : *G. fuscum, G. tremelloides*, sans toutefois supporter sans dommages (évolution retardée) les trop fortes températures estivales.

Le tableau M donne les cycles que nous avons réalisés sur les hôtes de notre région.

La durée du cycle est variable avec chaque espèce. Nous avons réuni sur le tableau N les courbes de durée de l'évolution des phases écidiennes des espèces étudiées. Nous avons pris pour chacune des espèces une

TABLEAU M

Cycles établis dans la région méditerranéenne

	Juniperus			Cydonia	Crataegus		Amelanchier	Pyrus			Sorbus domest.
	oxycedrus	phoenicea	communis		monogyna	ruscinon.		amygdalif.	communis	malus	
G. gracile	+			+	+		+				
G. confusum	+	+		+	+	+	+				
G. fuscum	+	+						+	+		
G. clavariaeforme			+	+	+		+				
G. tremelloides			+				+				

courbe moyenne ; pour faciliter ces comparaisons nous avons pris pour chacune la même origine. On constate ainsi que *G. clavariaeforme* se développe le plus rapidement ; viennent ensuite *G. confusum*, puis *G. gracile*. *G. tremelloides* et *G. fuscum* ont des courbes aberrantes dues à la longueur du développement de la tumeur.

Sur le tableau O nous avons réuni l'évolution répartie sur toute l'année. Il apparaît que *G. confusum* est l'espèce la plus précoce et que *G. fuscum* a le cycle le plus long. A ces deux types nous pouvons réunir les autres espèces :

1° *G. confusum*, *G. clavariaeforme*, *G. gracile*, cycle court et précoce ;

2° *G. fuscum*, *G. tremelloides*, cycle long tardif.

D. — PHYSIOLOGIE

Les conséquences du parasitisme sur la plante (stade télien ou stade écidien) sont à une échéance plus ou moins rapprochée la mort de tout ou partie de l'organe atteint. Même chez l'hôte primaire caractérisé par la perennité du mycélium, après une vie de plusieurs années, la portion parasitée meurt sans que le mycélium progresse dans la portion voisine vivante.

Il faut, en plus, considérer les conséquences du parasitisme sur la réalisation des fonctions vitales de la plante : réduction de la surface de photosynthèse, réduction ou inhibition de la floraison.

En outre, la présence du champignon déséquilibre le végétal : ainsi que l'a montré MARESQUELLE (1930) la respiration du complexe parasitaire est plus intense que celle du tissu indemne ; le tort fait à l'assimilation chlorophyllienne peut être considérable et aller jusqu'à la suppression totale de la chlorophylle. Les hypertrophies sans chlorophylle sont bourrées d'amidon.

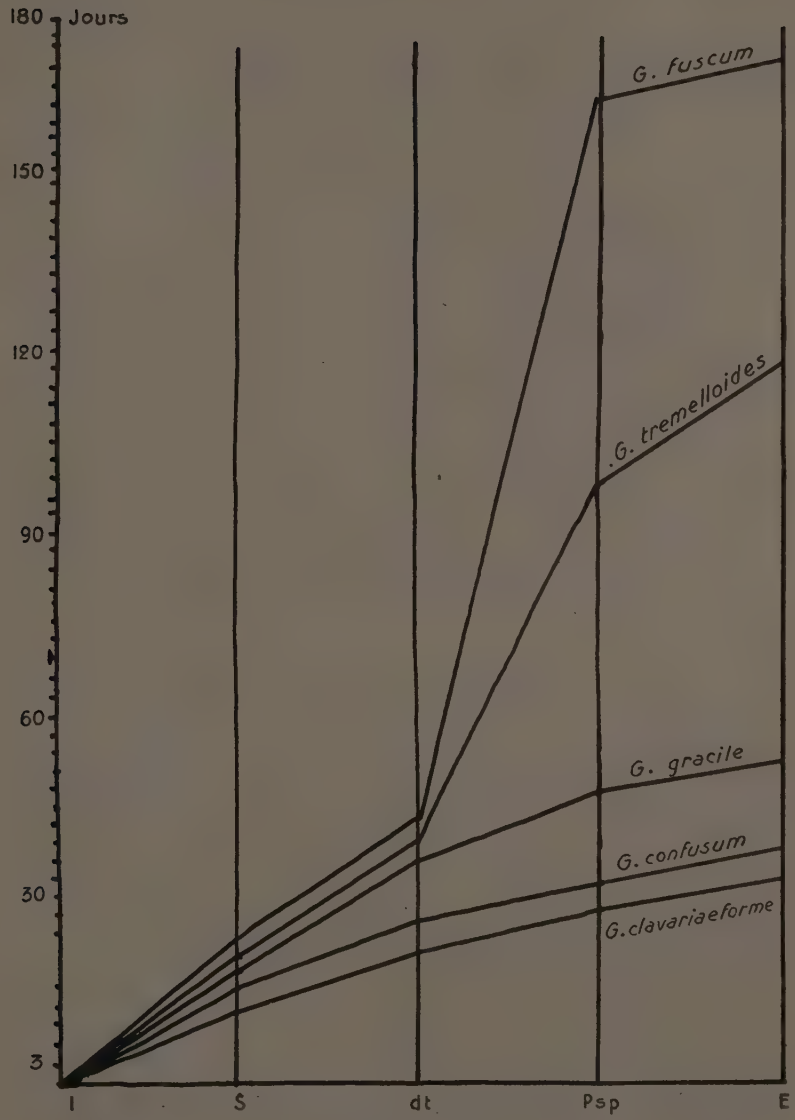


TABLEAU N

Comparaison des évolutions des phases écidiennes des Gymnosporangium

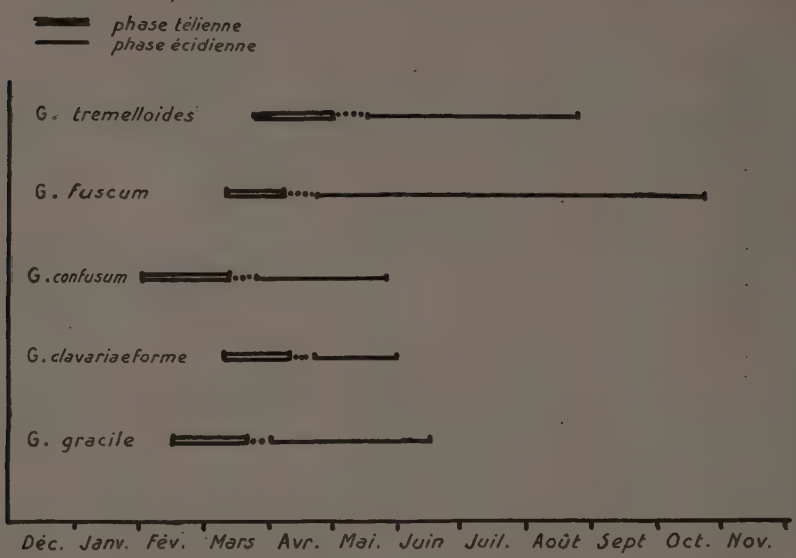


TABLEAU O

Diagramme de l'évolution annuelle des Gymnosporangium de la région montpelliéraine

II. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les études que nous avons poursuivies et que nous venons de relater dans ce mémoire peuvent se grouper d'après leurs conséquences sur les caractères biologiques et la systématique du genre *G.* d'une part, sur le rôle économique des *G.* méditerranéens d'autre part.

A. — Conséquences sur les caractères biologiques et la systématique du genre Gymnosporangium

1° Réalisation de cycles inconnus pour notre région : *G. fuscum*, *G. confusum*, *G. gracile*.

Toutes nos espèces régionales sont inféodées aux *Juniperus*. En Europe, *G. minus* seul, en l'état actuel de nos connaissances est sur un hôte différent (*Cupressus*) appartenant cependant à la même famille. Ce dernier hôte est indemne de rouille dans notre région malgré nos recherches.

2° Localisation anatomique du parasite et ses répercussions sur l'hôte. Aussi bien au stade télien qu'au stade écidien, le champignon pro-

voque une hypertrophie, accompagnée d'une hyperplasie des tissus non sclérifiés. Le collenchyme est tout particulièrement envahi ; c'est un tissu de choix pour de nombreuses Urédinées.

3° Apparition et développement printanier des téleutospores, rares chez les Urédinées en dehors des *Gymnosporangium*. En effet ces spores généralement considérées comme des organes de conservation, germent immédiatement. Cependant les téliospores à membrane colorée, apparaissent les premières, en période froide et sont localisées à la surface du sore où elles jouent un rôle de protection.

4° Précisions sur l'influence des conditions climatologiques régionales sur le développement de ces espèces : Influence de la *pluviométrie* ; pluie nécessaire : 4 mm, degré hygrométrique supérieur à 90 pendant 15 h. Pluie violente néfaste provoquant l'entraînement des sores.

Le mécanisme de gonflement et dessèchement des téliospores est sous l'influence des variations météorologiques par alternance rapide de temps humide et de temps sec caractéristique du Midi méditerranéen.

Influence de la *température* : une température trop basse peut retarder le développement et empêcher la germination des téliospores.

Influence de la *lumière* : *G. gracile*, espèce méridionale apparaît toujours en premier lieu sur la face ensoleillée du balai de sorcière.

G. confusum, espèce à grande extension vers le Nord apparaît sur la face non ensoleillée du fuseau.

Nous n'avons trouvé nulle part de telles précisions sur les influences climatiques.

5° Les études phénologiques et d'anatomie phénologique nous ont permis de préciser les moments les plus favorables aux infections : cuticule mince peu différenciée, points de sensibilité en rapport avec les points de croissance des feuilles (sinus, dents...). Nous nous sommes inspiré pour cela de la méthode FLECKINGER et nous l'avons généralisée dans ses rapports avec la Pathologie végétale.

6° Nous confirmons l'utilité de l'étude morphologique des cellules pseudopéridiales pour la détermination du stade écidien.

7° Mise au point d'une technique nouvelle d'inoculation. Cette technique réalisée *in situ* nous a permis de préciser les conditions naturelles nécessaires. Cependant il serait intéressant de pouvoir réaliser un microclimat favorable contrôlable.

8° L'étude sur le terrain et le relevé des hôtes et de leurs parasites nous ont permis de circonscrire les problèmes. Nous avons, par exemple, limité nos prospections au voisinage de *Pyrus amygdaliformis* très infecté par *G. fuscum* ; ainsi *J. phoenicea* et *J. oxycedrus* et en particulier ce dernier ont été trouvés porteurs de cette espèce que nous avons pu contrôler expérimentalement. Cet aspect géographique est nouveau pour les *G.*, pour notre région.

B. — Conséquences sur le rôle économique des Gymnosporangium méditerranéens

La réalisation de cycles et les précisions sur les dates possibles d'infection des Rosacées, en relation avec les conditions météorologiques, permettent d'envisager les possibilités de lutte dans les cas d'attaques d'arbres cultivés (Poirier, Cognassier) grâce aux fongicides modernes efficaces à condition de tenir compte des cycles et des influences du milieu à l'instar de ce qui a été fait pour les tavelures.

Les mesures prises autrefois tendant à supprimer l'hôte intermédiaire (hôte primaire, dans le cas des *G.*: *Juniperus*) ne présentent une efficacité que dans le cas de voisinage immédiat. En effet, les transports de basidiospores peuvent avoir lieu à de grandes distances ; de plus, la quantité de Genévriers spontanés de notre région rend leur suppression impossible. D'ailleurs des traitements appropriés protègent efficacement les arbres contre ces parasites.

***

C'est le point où nous ont mené, à ce jour, nos recherches. Cependant de nombreux points méritent encore d'être approfondis.

Des études cytologiques donneraient des indications quant à la valeur des espèces. On se trouverait en présence d'un certain nombre de races que certains auteurs ont déjà entrevues (Fischer, Jorstad...). Berliner et Olive ont montré que les nombres chromosomiques de plusieurs espèces américaines (*G. clavipes*, *G. transformans*, *G. nidus-avis*, *G. juniperi-virginianae*) sont les mêmes ($n = 8$).

De nombreux essais entrepris pour cultiver les Urédinées sur milieu artificiel se sont avérés infructueux. Les cultures du parasite sur culture de tissu (Morel, Hotson) ont donné quelques indications, mais demandent à être étendues. De telles techniques permettraient de préciser les besoins de ces parasites et par suite feraient connaître la nature de leurs préférences biologiques.

Enfin, le parasitisme des *Gymnosporangium* sur des hôtes appartenant à des familles très éloignées (Cupressacées et Rosacées) suggère le problème de l'existence de relations entre ces familles (relations sérologiques en particulier).

Laboratoire de Botanique et Pathologie Végétale
Centre de Recherches agronomiques
du Midi
École Nationale d'agriculture
Montpellier

BIBLIOGRAPHIE

AINSWORTH (G. C.), et BISBY (G. R.), 1950. — A dictionary of the fungi, 3e édit., 447 p., 138 fig., *Com. Myc. Inst. Kew.*

AKAI (S.), 1950. — Studies on the pathological anatomy of Fungus galls of plants. *Mem. of the college of agric., Kyoto Univ.*, nº 58 (*Phytopathological series*, nº 10, August 1950, p. 1-60, 4 pl., 29 fig.). Bibl. import.

AKAI (S.), 1951. — On the Anatomy of necrotic lesions on leaves and stems of plants affected by pathogenic fungi. *Mem. of coll. agric. Kyoto Univ.*, nº 61, nov. (*Phytopathological series*, nº 11), 30 p., 24 fig.

ALEXOPOULOS (G. J.), 1952. — Introductory mycology, 1 vol., 482p., 187 fig., New-York, Wiley and Sons.

ALLORGE (P.), 1922. — Les associations végétales du Vexin français. *Rev. gén. Bot.*, **33-34,** 342 p., 37 fig., 16 pl., 1 carte.

ARBOIS de JUBAINVILLE (A. d') et VESQUE (J.), 1878. — Les maladies des plantes cultivées, des arbres forestiers et fruitiers, 1 vol., 328 p., 7 pl. col. Paris, Rothschild.

ARNAUD (G.), 1951. — Les boucles mycéliennes des Eumycètes et la philogénie des Urédinées. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **67**, p. 173-198, 5 pl.

ARNAUD (G. et Mad.), 1923. — Notes de Pathologie II. *Rev. Path. Veg. Ent. Agr.*, **10**, p. 154-161.

ARNAUD (G. et Mad.), 1931. — Traité de Pathologie Végétale, 2 vol., 1 Atl., 1830 p. Paris, Lechevalier.

ARNAUD (G.), FOEX (E.) et REY (P.), 1906. — Notes botaniques, agricoles et météorologiques, 37 p., Montpellier, Coulet et Fils, édit.

ARTHUR (J. C.), 1903. — Problem in the study of plant rusts. *Bull. Torr. Bot. Club.*, **30,** p. 1-18.

ARTHUR (J. C.), 1906. — Eine auf Struktur und Entwicklungsgeschiete begundete Klassification des Uredineen. Résultats scientifiques du Congrès International de Botanique de Vienne, p. 331-348.

ARTHUR (J. C.), 1928. — Progress of rust studies. *Phytopath.*, **18,** 8, p. 659-674.

ARTHUR (J. C.), 1934. — Manual of the rusts in United States and Canada, 1 vol., 438 p., 487 fig., 1 carte. *Purdue Res. Found.*, Lafayette, Ind.

ARTHUR (J. C.), KERN (F. D.), ORTON (C. R.), FROMME (F. D.), JACKSON (H. S.), MAINS (E. B.) et BISBY (G. R.), 1929. — The plant rusts, 1 vol., 446 p., 186 fig. New-York, Wiley and Sons.

BAKER (K. F.), 1951. — Moisture and diseases. *Florists' Review*, **108,** nº 2798, p. 15-16, 46-51, July 12.

BALD (J. G.), 1952. — Stomatal droplets and the penetration of leaves by plant pathogens. *Amer. Journ. Bot.*, **39,** 2, p. 97-99.

BARY (A. de), 1853. — Untersuchungen über die brandpilze und die durch sie Verursachten Krankheiten der Pflanzen, 1 vol., 144 p., 8 pl. Berlin.

BARY (A. de), 1863. — Recherches sur le développement de quelques champignons parasites. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, sér. 4, **20,** p. 5-148, pl. 1-13.

BARY (A. de), 1866. — Nouvelles observations sur les Urédinées (2e mémoire) (traduction Tulasne). *Ann. Sc. Nat. Bot.*, sér. 5, **5,** p. 262-274, 1 pl.

BAUDYS (E.), 1911. — Epidemisches Auftreten der Uredineen im Jahre 1910 in Nordostböhmen. *Zeit. f. Pflanzenkr.*, **21,** p. 287-288.

BAXTER (D. V.), 1943. — Pathology in forest practice, 1 vol., IX, + 618 p., 232 fig. New-York, Wiley.

BENLLOCH (M.), 1928. — La Roya del Peral. *Bol. Pat. veg. y Ent. agric.*, **3,** 12-14, p. 156-160, 4 fig.

BERLINER (M. D.), 1954. — A study of meiosis and the effects of certain antibiotics upon meiosis in Gymnosporangium. *Amer. J. Bot.*, **41,** nº 2, p. 93-104.

BERLINER (M. D.) et OLIVE (L. S.), 1953. — Meiosis in Gymnosporangium and the cytological effects of certain antibiotic substances. *Science*, **117**, nº 3050, p. 652-653.

BERNAUX (P.), 1947. — Note préliminaire à l'étude de l'évolution des tumeurs écidiennes de Gymnosporangium sabinae dans la région méditerranéenne. *Ann. Epiph.*, **13**, p. 187-192, 2 graph.

BERNAUX (P.), 1950. — Essai sur le parasitisme dans ses rapports avec l'évolution du tapis végétal en Costière nîmoise. *Mém. soc. Etud. Sc. Nat.* Nîmes, nº 7, 46 p., 1 pl.

BERNAUX (P.), 1952. — Contribution à l'étude de la Pathologie végétale méditerranéenne. *Rev. Mycol.*, **17**, p. 109-140, 2 pl.

BESSEY (E. A.), 1952. — Morphology and Taxonomy of fungi, 1 vol., 791 p., 210 fig.

BIERS (P.), 1923. — Champignons observés aux environs de Villeneuve-sur-Lot (Lot-et-Garonne). *Ass. Fr. Avanc. Sc.*, 47e session, Bordeaux, p. 508-516, partic., p. 513.

BILLANGE (A.), 1942-1943. — La garrigue de Nîmes. *Bull. Soc. Lang. Géogr.*, 1942, **13**, fasc. 2, p. 69-170 (Climatologie, p. 137-153), 1943, **14**, fasc. 1, p. 16-143, fasc. 2, p. 156-211.

BISBY (G. R.), 1917. — The short-cycled Uromyces of North America. C. R. in *Phytopath.*, **7**, p. 74.

BISBY (G. R.), 1953. — An introduction to the taxonomy and nomenclature of fungi, 1 vol., 2e édit., 143 p. *Kew. Comm. Myc. Inst.*

BJELCIC (Z.), 1948. — Gymnosporangium clavariaeforme Jacq. na Cotoneaster, u. integerrima mad. *Ann. Inst. Biol. Sarajevo*, **1**, p. 61 (C. R. in *R. A. M.*, 1951, 3, p. 163).

BLACKMANN (V. H.), 1904. — On the Fertilization, alternation of generations and general cytology of the Uredineae. *Ann. Bot.*, **18**, p. 323-379, 4 pl.

BLACKMANN (V. H.) et FRASER (H.), 1906. — Further studies on the sexuality of the Uredineae. *Ann. Bot.*, **20**, p. 35-48, 2 pl.

BLISS (D. E.), 1931. — Physiologic specialization in Gymnosporangium. C. R. in *Phytopath.*, **21**, p. 111.

BLISS (D. E.), 1933. — The pathogenicity and seasonal development of Gymnosporangium in Iowa. *Agric. expt. Sta. Iowa., Res. Bull.*, 166, p. 340-392, 21 fig.

BLONDEL (R.), 1941. — La végétation forestière de la région de St-Paul près de Montpellier. Lausanne, 1941.

BOYCE (J. S.), 1918. — Perennial mycelium of Gymnosporangium blasdaleanum. *Phytopath.*, **8**, p. 161-162.

BOYER (G.) et JACZEWSKY (A. de), 1894. — Matériaux pour la flore mycologique des environs de Montpellier. *Ann. Ec. Nat. Agric., Montpellier*, **8**, p. 179-224.

BRAUN-BLANQUET (J.), 1915. — Les Cévennes Méridionales, 208 p. Genève.

BRAUN-BLANQUET (J.), 1933. — Catalogue de la flore du Massif de l'Aigoual et des contrées limitrophes. *Mém. Soc. Et. Sc. Nat. Nîmes*, nº 4, 352 p.

BRAUN-BLANQUET (J.), ROUSSINE (Mme N.), et NÈGRE (R.), 1952. — Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. C. N. R. S., Service de la Carte des groupements végétaux, 297 p., 16 pl.

BREISTOFFER (M.), 1952. — Les limites septentrionales d'extension de la flore méditerranéenne dans la Drôme et l'Ardèche. *Mém. Soc. Bot. France*, p. 75-100.

BREMER (H.), 1951. — Zur Epidemiologie des Gitterrostes an den Birnbäumen in der Turkei. *Sydowia*, **5**, 1-2, p. 13-22.

BREMER (H.), ISMEN (H.), KAREL (G.), OZKAN (H. et M.), 1947. — Beitrage zur Kenntniss der parasitischen Pilze der Turkei II. Basidiomycetes. *Rev. Fac. Sc. Univ. Istanbul.* B, **12**, fasc. 4, p. 307-334.

BREMER (H.), KAREL (G.), BIYIKOGLU (K.), GOKSEL (N.) et PETRAK (F.),

1952. — Beitrage zur Kenntniss der parasitischen Pilze der Turkei V. Basidiomycetes II. *Rev. Fac. Sci. Univ. Istanbul*, B, **17,** fasc. 2, p. 161-181.

Bresadola (J.), 1903. — Diagnoses fungorum novorum. *Broteria*, vol. 2, p. 87-92.

Brevière (L.), 1903. — Contribution à la flore mycologique de l'Auvergne. *Bull. Acad. Intern. Géogr. Bot.*, 12e ann., nº 164, 1er juillet, p. 337-352 et nº 165-166, 1er août-1er septembre, p. 409-421.

Briosi (G.), 1912. — Rassegna crittogamica dell'anno 1911, con nottizie sulle malattie dei melilotti dei latiri, del fieno greco, del trifoglio giallo cec. dovute a parassiti vegetali. *Boll. min. agric. ind. e comm.*, **11,** sér. C, p. 30-40 (C. R. in *Mycol. Central.*, **4,** p. 45).

Briosi (G.) et Cavara (F.), 1888-1908. — I funghi parassiti delle piante coltivate od utili, essicati, delineati e descritti. 17 fasc., 425 éch.

Brongniart (A. T.), 1824. — Essai d'une classification naturelle des champignons, 99 p., 8 pl.

Brongniart (A. T.), 1867. — Podizoma. *Ann. agric. Fr.*, 5e sér., **30.**

Brown (A. M.), 1940. — The sexual behaviour of several plant rusts. *Canadian Journ. Res.*, C., **18,** p. 18-25, 3 pl.

Bubak (F. R.), 1902. — In Böhmen im Jahre 1900 und 1901, aufgetrende Pflanzenkrankheiten. *Zeits. f. landw. versuch. in Osterreich.* (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, 1904, **14,** p. 92).

Bubak (F. R.), 1908. — Die Pilze Bohmens I teil, Rostpilze, 233 p., Prag. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.* 1909, **19,** p. 482).

Buller (A. H. R.), 1924. — Research on fungi. *Science*, **63,** nº 1640, p. 571-572.

Buller (A. H. R.), 1941. — The flexuous hyphae of Puccinia graminis and other Uredinales. C. R. in *Phytopath.*, **31,** p. 4.

Buller (A. H. R.), 1950. — Researches on fungi VII. The sexual process in the Uredinales. The University of Toronto press., XX, 458 p., 124 fig.

Butler (E. J.) et Jones (S. G.), 1949. — Plant pathology, 1 vol., 979 p., 435 fig. London, Mac Millan and Co.

Camus (F.), 1910. — A propos du Juniperus communis. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **57,** p. 225-231, 261-266.

Candolle (A. P. de), voir Lamarck (J. de) et Candolle (A. P. de).

Carleton (M. A.), 1893. — Studies in the biology of the Uredineae. I notes on germination. *The Bot. Gaz.*, **18,** p. 447-457, pl. 37-39.

Carrière (E. A.), 1867. — Traité Général des Conifères, 2 vol., 910 p., Paris.

Cecchi (G.), 1942. — Un caso di ruggine del pero. *Riv. d. R. Soc. Tosc. Ort.* Firenze, **27,** nº 1-2, p. 24-26.

Celotti (L.), 1887. — Miceti del parco et dinterno della Scuola nazionale di agricultura di Montpellier, 1 vol., 37 p., 6 fig. Conegliano.

Chaboisseau (Abbé), 1881. — Note sur les Viscum album L. et laxum B. et R. et sur l'Arceuthobium oxycedri. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **28,** p. 6-8.

Chabrolin (Ch.) et Guyot (A. L.), 1939. — Contribution à l'étude des Urédinées parasites de la flore tunisienne, I. *Uredineana* I, p. 3-26.

Chadefaud (M.), 1944. — Biologie du champignon. 1 vol., 267 p. Paris, Gallimard.

Chaptal (L.), 1923. — Le régime des pluies à Montpellier ; ses caractères, ses conséquences. Congrès de l'eau, Montpellier, p. 11-22, 3 graph.

Chaptal (L.), 1928. — Les caractéristiques du climat de Montpellier. *Bull. Soc. Lang. Géogr.*, **49,** Fasc. 2, p. 101-130.

Chaptal (L.), 1929. — L'utilisation des données climatériques dans la recherche agronomique. *Ann. Ec. Nat. Agric. Montpellier*, p. 86-92.

Chaptal (L.), 1931. — La mesure de la pluie en Climatologie agricole. *Ann. Agr.*, p. 223-245.

Chaptal (L.), 1932.— Comment peut-on définir et étudier les climats locaux. *Bull. Soc. Lang. Géogr.*, **3,** fasc. 2, p. 49-63.

CHAPTAL (L.), 1940. — Contribution à l'étude du Phytoclimat. *Ann. Epiph. et de Phytogen.*, **6,** p. 133-144.

CHAPTAL (L.), 1944. — Sur un mode de détermination des périodes de sécheresse et des périodes d'humidité. *Ann. Agron.*, **14,** p. 443-453.

CHARENTE-INFÉRIEURE. — Voir Société des Sciences Naturelles de la Charente Inférieure.

CHASSANT (M.), 1902. — Les chutes de neige sous le climat méditerranéen (1893-1901). *Bull. Météor. Hérault*, p. 34-75.

CHASSANT (M.), 1903. — Les gelées de printemps sous le climat méditerranéen (1893-1902). *Bull. Météor. Hérault*, p. 35-66.

CHASSANT (M.), 1904. — Le régime des pluies et vents pluvieux à Montpellier (1873-1903). *Bull. Météor. Hérault*, p. 33-69.

CHATEL (V.), 1862. — Note sur « la maladie des Poiriers ». *Ann. Agric. Fr.*, 5e série, **20,** p. 154.

CHESTER (K. S.), 1942. — The nature and prevention of plant diseases, 1 vol., 584 p., 207 fig. Philadelphia, The Blakiston Co.

CHEVALIER (A.), 1953. — L'origine des Poiriers et Pommiers sauvages de nos forêts et la part qu'ils ont prise dans la formation des variétés cultivées. *Rev. Bot. Appl. Agric. Trop.*, nº 373-374, p. 583-585.

CHEVALLIER (F. F.), 1826. — Flore générale des environs de Paris, 3 vol., 1654 p., 10 pl., **1,** p. 422-424, Gymnosporangiées. Paris, Ferra Jeune.

CIFERRI (R.), 1941. — Manuale di Patologia vegetale, 1 vol., 730 p., 256 fig. Rome.

COPPEY (A.), 1910. — Sur les causes de la dispersion du Juniperus communis L. dans la région des Vosges. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **57,** Session Alpes Maritimes, p. XXIX-XXXIV.

CORDA (A. C. I.), 1837-1854. — Icones fungorum, I-VI. Prague.

CORNU (M.), 1874. — Roestelia cancellata sur Poirier. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **21,** p. 33.

CORNU (M.), 1878 *a*.— Générations alternantes des Podisoma, forme spéciale du Roestelia lacerata. *Ass. fr. avanc. Sc.* Paris, p. 698-703.

CORNU (M.), 1878 *b*. — Présence du Podisoma juniperi sabinae sur le Juniperus virginiana et sur divers autres Genévriers. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **25,** p. 122-125.

CORNU (M.), 1878 *c*. — Notes et remarques sur les Urédinées : Roestelia se montrant en dehors de la saison ordinaire. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **25,** p. 221-224. G. clavariaeforme sur J. oxycedrus à Launac près de Montpellier.

CRAIGIE (J. H.), 1927 *a*. — Experiments on sex in rust fungi. *Nature*, **120,** nº 3012, p. 116-117.

CRAIGIE (J. H.), 1927 *b*. — Discovery of the function of the pycnia of the rust fungi. *Nature*, **120,** nº 3030, p. 765-767.

CRAIGIE (J. H.), 1928 *a*. — Heterothallism in the rust fungi. *C. R. in Phytopath.*, **18,** p. 147.

CRAIGIE (J. H.), 1928 *b*. — On the occurrence of pycnia and aecia in certain rust fungi. *Phytopath.*, **18,** p. 1005-1016.

CRAIGIE (J. H.), 1931. — An experimental investigation of sex in the rust fungi. *Phytopath.*, **21,** p. 1001-1040.

CRAIGIE (J. H.), 1933. — Union of pycniospores and haploid hyphae in Puccinia helianthi Schw. *Nature*, **131,** p. 25.

CRAIGIE (J. H.), 1942. — Heterothallism in the rust fungi and its significance. *Trans. Roy. Soc. Can.*, sér. 3, sect. V, **36,** p. 19-39, 7 pl. (C. R. in R. A. M. 1943, p. 293).

CRITOPOULOS (P. D.), 1953. — A contribution to the fungus flora of Greece. *Bull. Torr. Bot. Club.*, **80,** p. 325-341, 6 fig., C. R. in *R. A. M.*, 1953, **32,** p. 645.

CROWELL (I. H.), 1934. — Fungicidal control of Gymnosporangium juniperi-virginianae and related species. C. R. in *Phytopath.*, **24,** p. 25.

CROWELL (I. H.), 1940 *a*. — The geographical distribution of the genus Gymnosporangium. *Canad. J. Res.*, sect. C., **18,** 9, p. 469-488, 43 cart.

CROWELL (I. H.), 1940 *b*. — New species of Gymnosporangium. *Canad. J. Res.*, sect. C., **18,** p. 10-12.

CRUCHET (D.), MAYOR (E.) et CRUCHET (P.), 1911. — Contribution à la Flore mycologique du Valais. *Bull. La Murithienne*, **37,** 10 p.

CRUCHET (D.), MAYOR (E.), et CRUCHET (P.), 1913. — Herborisations mycologiques en Valais (1912-1913). *Bull. la Murith.*, **38,** p. 24-43.

CRUCHET (D.), MAYOR (E.) et CRUCHET (P.), 1916. — Herborisations mycologiques en Valais (1915). *Bull. la Murith.*, **39,** p. 212-224.

CUMMINS (G. B.), 1943. — Uredinales from the Northwest Himalaya. *Mycologia*, **35,** p. 446-458.

DAFERT (F. W.) et KORNAUTH (K.), 1907. — In Osterreich im Jahre 1905 Aufgetretene Krankheiten. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **17,** p. 36.

DANGEARD (P. A.), 1892. — Les maladies du Pommier et du Poirier. *Le Bot.*, fasc. 2-3, p. 81-84, 10 pl.

DANGEARD (P. A.), 1894. — Recherches sur la reproduction sexuelle des champignons. *Le Bot.*, 3e sér. janvier, p. 221-281, 4 pl.

DANGEARD (P. A.), 1895. — La reproduction sexuelle chez les basidiomycètes. *Le Bot.*, 4e sér., fasc. 3, janvier, p. 88-90, fasc. 4-5, août, p. 119-166.

DANGEARD (P. A.), 1900. — Reproduction sexuelle des champignons. *Le Bot.*, 7e sér., fasc. 3-4, mai, p. 89-130.

DANGEARD (P. A.), 1903. — Nouvelles considérations sur la reproduction sexuelle des champignons supérieurs. *Le Bot.*, 9e sér., fasc. 1, déc., p. 35-46.

DANGEARD (P. A.) et SAPPIN-TROUFFY (P.), 1893. — Urédinées, 1° Recherches histologiques ; 2° Pseudofécondation chez les Urédinées. *Le Bot.*, 3e sér., fasc. 4, juin, p. 119-125.

DECKENBACH (K. N.), 1927. — Pear rust-G. sabinae and its control under conditions existing in the Crimea. *Material for Mycol. and Phytopath.* ; Leningrad, 6, I, p. 68-91 (C. R. in *R. A. M.* 1928, p. 251-252).

DECROCK (E.), 1912. — Le bois de Lansac ; contribution à l'étude de la végétation du plan du Bourg (Bouches-du-Rhône). *Ass. Fr. Avanc. Sc.*, Nîmes, p. 399-401.

DESMAZIÈRES (J. B. H. J.), 1847. — Quatorzième notice sur les plantes cryptogames récemment découvertes en France. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 3e sér., **8,** p. 9-37.

DIETEL (P.), 1893. — Progrès de nos connaissances sur les Urédinées. *Bot. Centr.*, **47,** p. 15.

DIETEL (P.), 1895. — Uber die Unterscheidung von Gymnosporangium juniperinum und tremelloides. *Forst. Zeits.*, **4,** p. 346-349.

DIETEL (P.), 1911-1921. — Versuche über die Kiemungsbedingungen der teleutosporen einiger Uredineen. *Centr. Bakt.*, II, 31, p. 95-106, 35, p. 272-285 (1912) ; III, 42, p. 698-705 (1915) ; IV, 54, p. 215-219 (1921).

DIETEL (P.), 1928. — In Engler Prantl. Die naturlichen Pflanzenfamilien VI, p. 24-98. Leipzig.

DODGE (B. O.), 1915. — The effect of the host on the morphology of certain species of Gymnosporangium. *Bull. Torr. Bot. Club*, **42,** p. 519-542.

DODGE (B. O.), 1918. — Studies in the Genus Gymnosporangium. I. Notes on the distribution of the mycelium, buffer-cells and the germination of the ecidiospores. *Brooklyn Bot. Gard.* Mem. 1, p. 128-140, 1 pl.

DORAN (W. L.), 1919. — The minimum, optimum and maximum temperatures of spores germination in some Uredinales. *Phytopath.*, **9,** p. 391-402.

DUBY (J. E.), 1830. — Aug. Pyrami de CANDOLLE, Botanicon gallicum seu synopsis plantarum in flora gallica descriptarum. Editio secunda. Ex. herbariis et schedis Candollianis propiisque digestum. Pars 1, p. 1-544, Phanérogames ; Pars 2, p. 545-1068, Cryptogames.

DUCOMET (V.), 1907. — Recherches sur le développement de quelques champignons parasites à thalle subcuticulaire. Thèse, 287 p., Rennes, Guillemin, impr.

DUFRENOY (J.), 1918. — Les conditions écologiques du développement des champignons parasites. Étude de Géographie botanique. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **34,** p. 8-26.

DUFRENOY (J.), 1919. — Diversité écologique et coefficients génériques. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **35,** p. 27-46.

DUPIAS (G.), 1943 *a*. — Quelques Urédinées hétéroxènes de la région toulousaine. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **78,** p. 243-250.

DUPIAS (G.), 1943 *b*. — Contribution à l'étude des Urédinées de la Haute-Garonne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **78,** p. 32-52.

DUPIAS (G.), 1945. — Contribution à l'étude des Urédinées de la Haute-Garonne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **80,** 20 p.

DUPIAS (G.), 1946. — Étude expérimentale d'Urédinées hétéroxènes. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **81,** p. 75-80.

DUPIAS (G.), 1951. — Contribution à l'étude de la flore urédinologique du Sud-Ouest et des Pyrénées (3e note). *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **67,** p. 50-64.

DUPIAS (G.), 1953. — Contribution à l'étude de la flore urédinologique du Sud-Ouest et des Pyrénées (4e note). *Uredineana* IV, p. 229-239.

DUPIAS (G.), 1953. — Urédinées récoltées dans la région méditerranéenne française. *Uredineana* IV, p. 241-244.

DURAND (Eug.) et FLAHAULT (Ch.), 1886. — Les limites de la région méditerranéenne en France. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **33,** session Millau, p. XXIV-XXXIII, 1 carte.

DURAND (E. J.), 1911. — The differential staining of intercellular mycelium. *Phytopath.*, **1,** p. 129-130.

EMBERGER (L.), 1930. — La végétation dans la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gén. Bot.*, **42,** p. 641-662, **43,** p. 705-721.

EMBERGER (L.), 1933. — Nouvelle contribution à l'étude de la classification des groupements végétaux. *Rev. Gén. Bot.*, **45,** p. 473-486.

EMBERGER (L.), 1936. — Remarques critiques sur les étages de végétation dans les montagnes marocaines. *Bull. Soc. Bot. Suisse*, vol. Jubilé RUBEL, vol. 46, p. 614-631, 1 carte, 4 croquis.

EMBERGER (L.), 1938. — Les arbres du Maroc et comment les reconnaître. 1 vol., 317 p., Paris, Larose édit.

EMBERGER (L.), 1939. — Aperçu général sur la végétation du Maroc. Extrait de E. Rubel et W. Ludi : Ergebnisse der Internationalen Pflanzengeographischen Exkursion durch Marokko und Westalgerien 1936. *Veroff. geob. Inst. Rubel* in Zurich, 14 Heft, p. 40-157, 1 cart. col.

EMBERGER (L.), 1943. — Les limites de l'aire de végétation méditerranéenne en France. *Bull. Soc. Hist. Nat.* Toulouse, **78,** p. 159-180.

EMBERGER (L.), 1944. — Les plantes fossiles dans leurs rapports avec les végétaux vivants, 1 vol., 492 p., 457 fig. ou cartes. Paris, Masson et Cie, édit.

ERIKSSON (J.), 1905. — On the vegetative life of some Uredineae. *Ann. Bot.*, vol. 19, p. 55.

ERIKSSON (J.), 1913. — Les maladies cryptogamiques des plantes agricoles et leur traitement. Traduct. Mme Signe Hagman, 254 p. Paris, La Maison Rustique.

ERIKSSON (J.), 1918. — Die Schwedischen Gymnosporangien, ihr Wirtswechsel und ihre Spezialisierung. *Kyl Swenska Vetenskopsakad*, Handl. 59, p. 1-82, pl. 1-4, 2 col., fig. 1-13.

ESAU (K.), 1953. — Plant Anatomy, 1 vol., XII, 735 p., 85 pl. New-York, Wiley and Sons.

ESFANDIARI (E.), 1948. — Troisième liste des fungi ramassés en Iran. *Public.*

trim. depart. génér. Protect. des plantes, Ministère de l'Agric. Entomologie et Phytopathologie appliquées, nº 8, p. 1-12.

ESMARCH (F.), 1935. — Weniger bekannte Blattfleckenkrankheiten der Birne. *Kranke Pflanze*, **12,** 9,p. 129-132, 1 pl. col. (C. R. in *R. A. M.* 1936 ; p. 103-104).

EUDES-DESLONGCHAMPS (J. A.), 1837. — Sur le Gymnosporangium juniperi et l'oecidium cancellatum. *C. R. Séance publique Sté Linn. Normandie*, à Honfleur, p. 15-19.

EUDES-DESLONGCHAMPS (J. A.), 1842. — Sur le Gymnosporangium juniperi et l'oecidium cancellatum. *Mém. Sté Linn. Normandie*, 1839-1842, **7,** p. XVIII-XIX.

EUDES-DESLONGCHAMPS (J. A.), 1860. — De l'influence de la Sabine au sujet du développement de l'oecidium cancellatum. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, p. 52-54.

FARLOW (W. G.), 1881. — The Gymnosporangia or Cedar apples of the United States. Extrait des *Anniversary memoirs* of the Boston Society of Natural history, tirage à part en brochure in-4º de 38 p., avec 2 pl.

FERRARIS (T.), 1913. — I Parassiti vegetali delle piante coltivate od utili, 1 vol., 1032 p., 184 fig. Alba.

FERRARIS (T.), 1903. — Materiali per una flora micologica del Piemonte. *Malpighia*, **16,** p. 3-46. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **14,** p. 232).

FISCHER (E.), 1891. — Uber Gymnosporangium sabinae Dicks. und G. confusum Plowr. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **1,** p. 193-208, 260-283, pl. 4.

FISCHER (E.), 1891. — Recherches sur certaines espèces du genre Gymnosporangium. *Archiv. Sc. phys. et nat.*, Genève, **26,** p. 490-494.

FISCHER (E.), 1895. — Die Zugehorigkeit von Aecidium penicillatum. *Hedwigia*, **34,** p. 1-6, fig. 1.

FISCHER (E.), 1898. — Entwickelungsgeschichtliche Untersuchungen über Rostpilze. *Beitr. zur Krypt. Fl. Schweiz.*, **1,** p. 1-120, 2 pl.

FISCHER (E.), 1904 *a*. — Fortsetzung der entwicklgsgesch. Unters. über Rostpilze, 11-13. *Ber. d. Schweizer. Bot. Ges.*, **14** (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **15,** p. 121).

FISCHER (E.), 1904 *b*. — Die Uredineen der Schweiz. *Beitr. Krypt. Schweiz.*, **2,** XCIV, 590 p.

FISCHER (E.), 1906. — Beitrage zur entwicklungsgeschicte der Uredineen. *Centr. Bakt.*, **2,** p. 139-152.

FISCHER (E.), 1907. — Biologie der Gattung Gymnosporangium der Uredineen. *Soc. Helv. Sc. Nat. Extrait Archiv. Sc. phys. nat.*, **24,** novembre (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, 1909, **19,** p. 119).

FISCHER (E.), 1909. — Studien zur Biologie von Gymnosporangium juniperinum. *Zeits. f. Bot.*, **1,** p. 682-719, 8 fig.

FISCHER (E.), 1910. — Studien zur Biologie von G. juniperinum (zweite Mitteilung). *Zeits. f. Bot.*, **2,** p. 753-764.

FISCHER (E.), 1917. — Mykologische Beiträge : II Eine neues Juniperus sabina bewohnendes Gymnosporangium (G. fusisporum n. sp.). *Mitteil. d. Naturforsch. Ges. in Bern.*, p. 58-74.

FISCHER (E.), 1927. — Étude expérimentale de quelques Urédinées de la région méditerranéenne. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, **18**, fasc. 8, p. 190-196.

FISCHER (E.), 1928. — Ueber weitere Versuche mit dem auch Juniperus phoenicea auftretenden Gymnosporangium confusum. *Mitt. Naturforsch. Ges. Bern.*, 1 p. (C. R. in R. A. M., 1928, p. 813).

FISCHER (E.), 1929. — Ueber das Ergebniss eines Infektionversuches mit den mediterraneen G. gracile. *Mitt. Naturforsch Ges. Bern.*, p. XXXII.

FISCHER (E.), 1930. — Ueber einige Kleinarten von Gymnosporangium und ihre Einwirkung auf den Wirt. *Zeits. f. Bot.*, 23 band, p. 163-182.

FISCHER (E.), 1930. — Ueber die durch parasitische Pilze (besonders Uredi-

neen) hervorgerufenen Missbildungen. *Verhandl. Schweiz. naturforsch. Ges.* 89.

FISCHER (E.), 1931. — Die Beziehungen zwischen Gymnosporangium confusum Plow. auf Juniperus sabina und J. phoenicea. *Ber. d. Schweiz. Bot. Ges.* **40,** p. 1-8.

FISCHER (H.), 1949. — Der Gitterrost der Birnbäume und seine Bekampfung. *Schweiz. Z. obst. und Weinb.*, **57,** p. 359-362, 3 fig. (C. R. in R. A. M., 1949, p. 578).

FISCHER (R.), 1932. — Ueber den Einfluss des jährlichen Witterungsverlaufes auf die Frequenz von Pflanzenkrankheiten. *Phytopath. Zeits.*, **5,** p. 55-74, 7 graph. (C. R. in R. A. M., 1932, p. 799).

FLAHAULT (Ch.), 1937. — La distribution géographique des végétaux dans la région méditerranéenne française, 1 vol., 178 p., 4 cart., Paris, Lechevalier, édit., Encycl. Biol. XVIII.

FLECKINGER (J.), 1946. — Importance des observations phénologiques en arboriculture fruitière. *Bull. Soc. Nat. Hort. Fr.*, **13,** p. 78-81.

FLECKINGER (J.), 1948. — Tableau nº 1. Stades-repères du Poirier ; tableau nº 2. Stades-repères du Pommier. Ministère de l'Agriculture, I. N. R. A. S. P. V.

FOËX (E.), 1902. — Notes météorologiques et agricoles (1901). *Bull. Météor. Hérault*, p. 76-95.

FOËX (E.), 1903. — Notes météorologiques et agricoles (1902). *Bull. Météor. Hérault*, p. 67-98.

FOËX (E.) et REY (P.), 1904. — Notes botaniques, agricoles et météorologiques (1903), 41 p. Montpellier, Serre et Roumegous.

FOËX (E.) et REY (P.), 1905. — Notes botaniques, agricoles et météorologiques (1904), 44 p. Montpellier, Serre et Roumegous.

FOËX (E.) et REY (P.), 1907. — Notes botaniques, agricoles et météorologiques (1906), 27 p. Montpellier, Serre et Roumegous.

FRAGOSO (R. G.), 1917. — Introduccion al estudio de la florula de micromicetos de Cataluna. *Musei Barcin. Sc. Nat. Opera Bot.*, Museo martorell Barcelona, 187 p.

FRAGOSO (R. G.), 1923. — Contribucion a la flora micologica lusitanica. *Bol. Soc. Brot.* Coimbra, **2,** p. 1-83.

FRAGOSO (R. G.), 1924. — Flora Iberica. Uredales, 2 tomes, Museo Nac. Ciencias naturales Madrid, **1,** 416 p., **2,** 421 p.

FRANÇAIS (J.), 1933. — Observations mycologiques et essais microphotographiques. *Rev. Pat. Veg. Ent. Agric.*, **20,** fasc. 6-7, p. 261-268, 2 pl.

FRIES (E. M.), 1832. — Systema mycologicum, vol. 3, section 2.Gryphiswaldiae.

FROMME (F. D.), 1914. — The morphology and cytology of the Aecidium cup. *Bot. Gaz.*, **58,** p. 1-35, 2 pl.

FUKUSHI (T.), 1925. — Studies on the apple rust caused by Gymnosporangium yamadae M. *Journ. Coll. Agric.* Hokkaido, **15,** 5, p. 269-307, 4 pl. (in Togashi, 1949).

GATIN (C. L.), 1924. — Dictionnaire Aide-mémoire de Botanique, 842 p., Paris, Lechevalier, édit.

GÄUMANN (E.), 1925. — Comparative morphology of fungi. (Traduction anglaise par Dodge, C. W.), 701 p. New-York, Mc Graw-Hill.

GÄUMANN (E.), 1946. — Pflanzliche Infektionslehre, 1 vol., 611 p., 311 fig. Basel, Verlag Birkhauser.

GÄUMANN (E.), 1951. — Pflanzliche Infektionslehre, 2e édit., 1 vol., 681 p., 466 fig. Basel, Verlag, Birkhauser.

GÄUMANN (E.), 1954. — Uromyces sedi n. sp. *Rev. Mycol.* XIX, fasc. 3, p. 250-254 ; l'Auteur cite dans cet article la découverte en France du *G. Gaumanni* Z.

GAUSSEN (H.), 1937. — Les résineux des Pyrénées françaises. *Rev. Géogr. Pyr. et du Sud-Ouest*, **8,** fasc. 2, p. 184-206, 4 fig., 3 cart.

GAUSSEN (H.), 1950. — Les conifères ornementales. *Ann. Soc. Hort. Hte-Gar.*, nº 13, 5e sér., p. 163-171.
GAUSSEN (H.), 1952. — Les résineux d'Afrique du Nord. *Rev. Int. Bot. Appl.*, **32,** nº 361-362, p. 505-532.
GENEAU de LAMARLIÈRE (L.), 1898. — Sur les mycocécidies des Roestelia. *Rev. Gén. Bot.*, **10,** p. 225-237, 276-288, 2 pl.
GENEAU de LAMARLIÈRE (L.), 1905. — Sur les mycocécidies des Gymnosporangium. *Ann. Sc. Nat.*, 9e sér., **2,** p. 313-350.
GEORGE (C. F.), 1953. — Glossary. *The Yearbook of agriculture*, p. 897-907, U. S. Dept. of agric., Washington D. C.
GESLIN (H.), 1947. — La caractérisation des climats locaux. C. R. *Conférences. Pédologie méditerranéenne*, Alger-Montpellier, p. 37-84.
GIDDINGS (N. J.) et BERG (A.), 1914. — Field studies of apple rust. C. R. in *Phytopath.*, **4,** p. 401.
GIORGO (V.), 1948. — Prova di inoculazione biologica di ecidioconidi di Anchusa undulata sul Segala. *Boll. Staz. Pat. veg.* Roma, sér. 3, 6, p. 181-183 (C. R. in R. A. M. 1951, p. 365).
GONÇALVES da CUNHA (A.), 1936. — Uredineas de Portugal. *Bol. Soc. Brot.*, vol. 11, 2e sér., p. 169-264.
GRAM (E.) et WEBER (A.), 1952. — Plant diseases in orchard, nursery and garden crops. (Trad. R. W. G. DENNIS). 618 p, 349 fig. London, MacDonald and Co.
GROVE (W. B.), 1913. — The british rust fungi. Biology and classification, 1 vol., 412 p., 290 fig. Cambridge.
GUERCIO (G. Del) et BARONI (E.), 1894. — Osservazioni biologiche sul Gymnosporangium Oerst. *Bull. Soc. Bot. Ital.*, p. 71-72 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, 1895, **5,** p. 218).
GUFFROY (C.), 1910. — Observations à la suite de l'article de F. CAMUS. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, p. 225-231 (sur Juniperus communis).
GUFFROY (C.), 1939. — Glanules mycologiques II. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **55,** fasc. 2, p. 159-165.
GUINIER (P.) et MAIRE (R.), 1908. — Rapport sur les excursions de la Société Botanique de France en Lorraine (juillet-août 1908). *Bull. Soc. Bot. France*, **55,** session extraordinaire, Vosges, p. LXXIX-CL.
GUYOT (A. L.), 1931. — Les balais de sorcière. *La Nature*, nº 2 854, p. 304-306, et nº 2 855, p. 341-348, fig.
GUYOT (A. L.), 1951. — Contribution à l'étude des Urédinées du sud-est de la France ; II. Uredineana II, 1946, p. 21-45 ; III. Uredineana III, 1951, p. 69-85 ; IV. Uredineana III, 1951, p. 86-112.
GUYOT (A. L.), 1953. — Contribution à l'étude des Urédinées parasites de la flore tunisienne. Urédineana IV, 1953, p. 355-372.
GUYOT (A. P.), 1942. — Contribution à l'étude du Juniperus phoenicea L. Thèse Pharmacie Toulouse, nº 92, 1 vol., 72 p., 17 fig., 1 carte. Extrait sous le titre : Structure de J. phoenicea in *Travaux du Lab. Forestier de Toulouse*, **1,** vol. 3, art. XVIII, p. 1-44.
GWYNNE-VAUGHAN (H. C. I.) et BARNES (B.), 1951. — The structure and development of the fungi. Cambridge University Press., 2e édit.
HANNA (W. F.), 1931. — Nuclear association in the aecium of Puccinia graminis. C. R. in *Phytopath.*, **21,** p. 107.
HARIOT (P.), 1891. — Contribution à la flore des Ustilaginées et Urédinées de l'Auvergne. *Rev. Mycol.*, p. 117-123.
HARIOT (P.), 1901. — Énumération des champignons récoltés en Corse jusqu'à l'année 1901. *Ass. Fr. Avanc. Sc.*, 30e session, Ajaccio, p. 448-457.
HARIOT (P.), 1908. — Les Urédinées, 1 vol., 392 p., 47 fig. Paris, Doin.
HARTIG (R.), 1891. — Traité des maladies des arbres, 2e édit., trad. en français par GERSCHEL et HENRY, 1 vol., 316 p., 137 fig. Berger-Levrault, édit.

HEIM (R.), 1927. — Fungi Brigantiani (2e sér.). *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **43,** fasc. 1, p. 59-94.

HEIM (R.), 1928. — Les champignons des Alpes *in* Contribution à l'étude des peuplements des hautes montagnes. *Soc. Biog.* II, p. 230-251. Paris, Lechevalier.

HENDERSON (I. F.) et HENDERSON (W. D.), 1949. — A dictionary of scientific terms, 4e édit. par J. H. KENNETH, 1 vol., 480 p. Edinburgh, Oliver and Boyd.

HICKEL (R.), 1932. — Dendrologie forestière, 1 vol., 255 p., 25 pl. Paris, Lechevalier, Encycl. Econ. Sylvic. V.

HIRATSUKA (N.), 1935. — Uredinales collected in Corea I. *Bot. Mag. Tokio*, **49,** nº 579, p. 145-152 (C. R. in *R. A. M.* 1937, p. 533).

HIRATSUKA (N.), 1936. — Inoculation experiments with heteroecious species of the Japanese rust fungi III. *Bot. Mag.*, **1,** nº 592, p. 213-216 (C. R. in *R. A. M.* 1936, p. 609).

HIRATSUKA (N.), 1936. — Gymnosporangium of Japan I-V. *Bot. Mag.* : vol. 50, nº 597, p. 481-488, nº 598, p. 549-585, 1 pl., nº 599, p. 593-599, nº 600, p. 661-668, 1 pl., vol. 51, nº 601, p. 1-8.

HOTSON (H. H.), 1952. — Studies on the physiology of the rust fungi. *Diss. abstr.*, **12,** fasc. 3, p. 246, C. R. in *R. A. M.* 1953, **32,** p. 272.

HOTSON (H. H.) et CUTTER (V. M.), 1951. — The isolation and culture of Gymnosporangium juniperi-virginianae Schw. upon artificial media. *Proc. Nat. Acad. Sc.* Wash., **37,** 7, p. 400-403.

HOUDAILLE (F.), 1890. — Le régime des pluies dans le département de l'Hérault. *Bull. Météor. Hérault*,p. 37-51, 1 carte.

HOUDAILLE (F.), 1890. — Le régime des vents à Montpellier. *Bull. Météor. Hérault*, p. 53-76.

HUTCHINSON (W. G.), 1936. — A method for staining rust mycelium in woody tissues. *Phytopath.*, **26,** 3, p. 293.

HY (Abbé F.), 1910. — Observations sur le Juniperus communis. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **57,** p. 534-538.

HYLANDER (N.), JORSTAD (I.), NANNFELDT (J. A.), 1953. — Enumeratio uredinearum Scandinavicarum. *Opera Botanica*, Stockholm, **1,** fasc. 1, p. 1-102.

INGOLD (C. T.), 1953. — Dispersal in fungi. 1 vol., 197 p., 90 fig. Oxford, Clarendon Press.

JAAP (O.), 1916. — Beiträge zur Kenntniss der Pilze Dalmatiens. *Ann. Mycol.*, **14,** p. 1-44.

JORSTAD (I.), 1935. — Uredinales and Ustilaginales of Trondelag, 90 p. (C. R. in *Uredineana*, **3,** 1951, p. 314-318).

JORSTAD (I.), 1938. — Gymnosporangium on pomaceous fruits in Norway. *Nytt. Mag. for Naturv.*, **78,** p. 121-126.

JORSTAD (I.), 1940. — Uredinales of Northern Norway, 145 p.

JORSTAD (I.), 1943. — Some cyprian Uredinales. *Nytt. Mag. for Naturv.*, **83,** p. 191-229.

JORSTAD (I.), 1951. — Rustsopper pa frukttraer og baervekster (rust fungi on fruit trees and soft fruits). *Frukt og Boer*, **3**, p. 20-30, 8 fig. (C. R. in *R. A. M.*, 1951, **30,** p. 166).

JORSTAD (I), 1952. — Parasitic fungi from various parts. *Nytt. Mag. for Bot.*, vol. 1, 1953, p. 89-106.

JOSSERAND (M.), 1952. — La description des champignons supérieurs, 1 vol., 338 p. Paris, Lechevalier, Encycl. Mycol., XXI.

KAWAMURA (E.), 1934. — On the function of the spermatia of Gymnosporangium haraeanum Syd. *Hortic. and Agric.*, **9** (in BULLER, VII, p. 170).

KAWAMURA (E.), 1940. — Studies on Gymnosporangium haraeanum Syd., I, its heterothallism. *Ann. Phytopath. Soc. Japan*, **10,** p. 84-91, 3 fig. (C. R. in *Rev. Mycol. Colo.*, 1950, p. 79).

KAWAMURA (E.), 1941. — Studies on Gymnosporangium haraeanum Syd., II, the role played by the insects in the transfer of spermatia in the fungi. *Ann. Phytopath. Soc. Japan*, **10,** p. 297-303, 1 fig. (C. R. *Rev. Mycol. Colo.*, 1950, p. 79).

KERN (F. D.), 1908. — Studies in the genus Gymnosporangium. *Bull. Torr. Bot. club.*, **35,** p. 499-511.

KERN (F. D.), 1910. — The morphology of the peridial cells in the Roesteliae. *Bot. Gaz.*, **49,** nº 6, p. 445-452, 2 pl., 2 fig.

KERN (F. D.), 1911. — A biologic and taxonomic study of the genus Gymnosporangium. *Bull. New-York Bot. Garden*, vol. 7, p. 391-483.

KICKX (J.), 1867. — Flore cryptogamique des Flandres, 2 vol., 521, 490 p.

KIENITZ-GERLOFF (F.), 1888. — Die Gonidien von Gymnosporangium clavariaeforme. *Bot. Zeits.*, **46,** p. 389-393.

KLEBAHN (H.), 1892 a. — Bemerkungen über Gymnosporangium confusum Plowr. und G. sabinae Dicks. *Zeitschr. f. Pflanzenkr.*, **2,** p. 94-95.

KLEBAHN (H.), 1892 b. — Kulturversuche mit heteröcischen Uredineen. III. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **2,** p. 332-343.

KLEBAHN (H.), 1892 c. — Zur Kentniss der Schmarotzer-Pilze Bremens und Nord-Deutschlands. Zweiter Beitrag. *Abhandl. d. Naturwiss.* Vereins zur Bremen, **12,** p. 361-376 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **2,** p. 241-242).

KLEBAHN (H.), 1902. — Kulturversuche mit Rostpilzen. X. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **12,** p. 132-151.

KLEBAHN (H.), 1905. — Kulturversuche mit Rostpilzen. XII. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **15,** p. 64-108.

KLEBAHN (H.), 1907. — Kulturversuche mit Rostpilzen. XIII. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **17,** p. 129-158.

KLEBAHN (H.), 1912. — Kulturversuche mit Rostpilzen. XIV. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **22,** p. 321-350.

KNIGHT (R. L.), 1948. — Dictionary of Genetics, 1 vol., 183 p. Waltham, Chron. Bot.

KOSAROFF (Dr.), 1909. — Bericht über die Krankheiten und Beschädigungen der Kulturpflanzen Nordbulgariens, während der Jahre 1906 und 1907. Arb. der landwirt. Versuchs- und Pflanzenschuts-Station bei Rustschuk (Bulgarien), **2,** I et II. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **19,** p. 331-336.

KRSTIC (M.), 1952. — Nekoliko novih i redih fitopatoloskih pojava u sumama i rasadnicima (Several new and rarer diseases encountered in forests and nurseries). *Zasht. Bilja* (Plant protection Beograd)., **12,** p. 49-51, 2 pl. (C. R. in *R. A. M.*, 1954, 6, p. 325).

KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1932. — L'enseignement de la forêt de Valbonne. Étude phytosociologique. *Ann. Ec. Nat. Agric. Montpellier*, **21,** fasc. II, III, IV, p. 112-160.

KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1937. — Glanes phytopathologiques. *Ann. Ec. Nat. Agric. Montpellier*, **24,** fasc. III, p. 215-236.

KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1943. — Essai de biologie des sores du diplonte chez les Urédinées. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **59,** p. 78-155, fig.

KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1944. — Sur un mode de formation des conidies d'Urédinées. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **60,** p. 47-51, 9 fig.

KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1948. — Flore des environs immédiats de Montpellier, **1.** — La prospection phytopathologique, 117 p., **2.** — KUHNHOLTZ-LORDAT (G.) et BLANCHET (G.). Les végétaux vasculaires et leurs parasites cryptogames, 457 p. Paris, Lechevalier, édit.

KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1949. — La cartographie parcellaire de la végétation. Principes, applications. Atlas de planches coloriées avec texte explicatif ; partic. nº 13-13 *bis*. Contribution à l'étude de la biologie du Pin d'Alep. *Inst. Nat. Rech. Agro.*

KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1952. — Contribution à la mise en valeur de la Costière du Gard. *Mém. Soc. Etud. Sc. Nat. Nîmes*, 1949, nº 8. — La

végétation de la Costière et sa cartographie, p. 61-226, tableaux, croquis, photos.

KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1952. — Le tapis végétal dans ses rapports avec les phénomènes actuels de surface en Basse-Provence, 1 vol., 208 p., 19 fig., 1 carte, 9 photos, 22 tableaux. Paris, Lechevalier, Encycl. Biog. et Écol., IX.

KUHNHOLTZ-LORDAT (G.), 1954. — Le fourré-galerie à Paliurus spinachristi Mill. et Pyrus amygdaliformis Vill. *Angewandte Pflanzensoziologie*, Festschrift Aichinger, p. 486-493, 7 phot.

KURSANOV (L.), 1915. — Recherches morphologiques et cytologiques sur les Urédinées. *Bull. Soc. Nat. Moscou*, **31,** p. 1-129, 4 pl.

LAGARDE (J.), 1902. — Champignons du Massif du Ventoux. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **18,** p. 328-380.

LAGERHEIM (G. de), 1899. — Contribution à la flore mycologique des environs de Montpellier. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **15,** p. 95-103.

LAGERHEIM (G. de), 1891. — Les Urédinées comestibles. *Rev. Mycol.*, 13e ann., nº 51, p. 101-104.

LAMARCK (J. de) et CANDOLLE (A. P. de), 1805-1815. — Flore française, 3e éd., 5 tomes ; 5e tome par de CANDOLLE (1815), 662 p.

LANGERON (M.), 1945. — Précis de Mycologie, 1 vol., 674 p., 392 fig. Paris, Masson, édit.

LANGERON (M.) et VANBREUSEGHEM (R.), 1952. — Précis de Mycologie, 2e édit., 1 vol., 703 p., 461 fig. Masson, édit., Paris.

LEMÉE (E.), 1917. — La rouille des Poiriers et le Genévrier sabine. *Bull. Soc. Pat. Veg.*, **4,** p. 96-97.

LEMÉE (E.), 1924. — Étude sur la rouille grillagée du Poirier. *Bull. Soc. Hort. Orne*, p. 57-79.

LEMÉE (E.), 1926. — La rouille grillagée du Poirier. *Bull. Soc. Hort. Orne*, p. 52-55.

LEPPIK (E. E.), 1953. — Some viewpoints on the phylogeny of rust fungi. I. Coniferous rusts. *Mycologia*, **45,** p. 46-74.

LEREDDE (Cl.) et DUPIAS (G.), 1949. — Urédinées récoltées pendant la Session. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **96,** p. 139-140, 76e Session extraordinaire.

LEVEILLE (J. H.), 1839. — Recherches sur le développement des Urédinées. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 2e sér., **11,** p. 5-16.

LEVEILLE (J. H.), 1847. — Sur la disposition méthodique des Urédinées. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 3e sér., **8,** p. 369-376.

LIMASSET (P.) et DARPOUX (H.), 1951. — Principes de pathologie végétale, 2e édit., 1 vol., 334 p., 148 fig. Paris, Dunod édit.

LINK (H. F.), 1809. — Observationes in ordines plantarum naturales I. *Ges. Nat. Freunde*, Berlin Mag. III, p. 3-42, 2 pl. (in ARTHUR et al. 1929).

LINK (H. F.), 1815. — Observationes in ordines plantarum naturales II. *Ges. Nat. Freunde*, Berlin Mag. VII, p. 25-45.

LIOU TCHEN-NGO, 1929. — Note sur quelques Urédinées peu communes ou critiques, récoltées dans le Midi, le Centre et l'Est de la France. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **45,** p. 197-215.

LIRO (J. I.), 1908. — Uredineae Fennicae, 640 p. (C. R. in *Uredineana* III, 1951, p. 325-335).

LONG (W. H.), 1914. — An undescribed species of Gymnosporangium from Japan. *Journ. Agric. Res.*, **1,** p. 353-356.

LONG (W. H.) et GOODDING (L. N.), 1939. — Two new species of rust. *Mycologia*, **31,** p. 670-673, pl.

LORET (H.) et BARRANDON (A.), 1886. — Flore de Montpellier, 2e édit., par H. LORET, 1 vol., 664 p., 2 cartes. Montpellier, Calas édit.

MC ALPINE (D.), 1906. — The rusts of Australia, 1 vol., 349 p., 44 pl., Melbourne.

Mac DONALD (J. A.), 1951. — Introduction to Mycology, 1 vol., 177 p., 163 fig., London, Butterworths sc. publ.

Mac LACHLAN, 1935. — The dispersal of viable basidiospores of the Gymnosporangium rusts. *Journ. Arn. Arbor.*, **16,** p. 411-422.

MAGNUS (P.), 1892-1893. — Die von Peyritsch in Tirol gesammelten und im Herbarium der K. K. Universität zu Innsbruck aufbewehrten Pilze. *S. A. aus dem Berichte des naturw. medizin. Vereine in Innsbruck,* **21,** (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **5,** p. 310).

MAGNUS (P.), 1894. — Beitrag zur Kenntniss einiger parasitischer Pilze des Mittelmeergebiete. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **12,** p. 84-88 (C. R. in *Uredineana*, I, 1938, p. 130).

MAIRE (R.), 1900. — L'évolution nucléaire chez les Urédinées et la sexualité. *Act. Congr. Intern. Bot. Paris.*

MAIRE (R.), 1902. — Recherches cytologiques et taxonomiques sur les Basidiomycètes. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **18,** 209 p., 8 pl.

MAIRE (R.), 1905. — Notes sur quelques champignons nouveaux ou peu connus. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **21,** p. 137-167.

MAIRE (R.), 1906. — Contribution à l'étude de la flore mycologique de l'Afrique du Nord. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, session Oran, **53,** p. CLXXX-CCXV.

MAIRE (R.), 1911. — La biologie des Uredinales. *Prog. rei bot.*, p. 109-162.

MAIRE (R.), 1914. — Quelques Uredinales hétéroxènes de l'Afrique du Nord. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **61,** session Algérie, p. XIV-XXIV.

MAIRE (R.), 1917. — Champignons nord-africains nouveaux ou peu connus. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, **8,** p. 134-200.

MAIRE (R.), DUMÉE (P.) et LUTZ (L.), 1901. — Prodrome d'une flore mycologique de la Corse. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **48,** p. CCXVIII.

MAIRE (R.) et WERNER (R. G.), 1937. — Catalogue raisonné des champignons connus jusqu'ici au Maroc. *Mém. Soc. Sc. Nat. Maroc*, **45,** 148 p.

MALENÇON (G.), 1936. — Notulae mycologicae Maroccanae, II. Uredinales. *Rev. Mycol.*, I, p. 257-275.

MALENÇON (G.) et DELECLUSE (R.), 1937. — Champignons pathogènes observés au Maroc. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc*, **17,** p. 132-144.

MALPIGHI (M.), 1675. — Anatomie plantarum. Londres (in ARTHUR et al. 1929).

MARESQUELLE (H. J.), 1930. — Études sur le parasitisme des Urédinées. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, **12,** p. 1-123, 43 fig., 4 pl.

MARESQUELLE (H. J.), 1935. — Défaut d'allongement et dépolarisation dans les morphoses parasitaires. *Rev. Gén. Bot.*, **47,** p. 129-185.

MASSEE (G.), 1910. — Diseases of cultivated plants and trees, 1 vol., 602 p., 171 fig. — Londres, Duckworth and Co.

MATHIEU (A.), 1897. — Flore forestière, 4e édit., revue par P. FLICHE 705 p. Paris, Baillière et Fils.

MATHON (Cl.), 1948. — La buxaie-oxycedraie de Bidon (Basse-Ardèche). *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **95,** p. 146-148, 1 pl., 2 phot.

MAURIZIO (A. M.), 1927. — Zur Biologie und Systematik des Pomaceen bewohnenden Podosphaeren. — Mit Beruchsichtigung der Frage der Empfanglichkeit der Pomaceenprofbastarde für parasitische Pilze. *Centr. f. Bakt.* Abt. 2, **72,** p. 129-148, 6 graph.

MAURY (L.), 1911. — Contributions à la flore du département de la Marne. *Bull. Soc. Etud. Sc. Nat. Reims*, **19,** p. 37-87.

MAYOR (E.), 1909. — Notes mycologiques. *Bull. Soc. Neuch. Sc. Nat.*, **36,** p. 30-36.

MAYOR (E.), 1910. — Contribution à l'étude des champignons du canton de Neuchatel. *Bull. Soc. Neuch. Sciences Nat.*, **37,** p. 3-126.

MAYOR (E.), 1914-1915. — Herborisation mycologique dans la vallée de Saas à l'occasion de la réunion annuelle de la Murithienne. *La Murithienne*, **39,** 1914-1915 (1916), p. 190-211.

MAYOR (E.), 1916. — Liste de champignons trouvés au printemps dans la région de Martigny. *La Murithienne*, **39**, p. 187-190.
MAYOR (E.), 1925. — Contribution à l'étude de la flore mycologique de la région de Zermatt. *La Murithienne*, **42**, tirage à part, p. 7.
MAYOR (E.), 1928. — Herborisations mycologiques dans les monts de Lacaune. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **44**, p. 79-93.
MAYOR (E.), 1929. — Herborisations mycologiques dans la région de Chamonix (Hte-Savoie). *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **45**, p. 172-183.
MAYOR (E.), 1930. — Les « fungi centrali-europaei » de Jean MULLER. *Candollea*, **4**, p. 166-179.
MAYOR (E.), 1931. — Herborisations mycologiques dans les monts de Lacaune. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **47**, p. 258-265.
MAYOR (E.), 1934. — Herborisations mycologiques dans les monts de Lacaune. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **50**, p. 293-300.
MAYOR (E.), 1942-1943. — Contribution à l'étude de la flore mycologique du Valais. *Bull. La Murithienne. Soc. Valais. Sc. Nat.*, **60**, p. 73-90.
MAYOR (E.), 1949. — Contribution à l'étude de la flore mycologique de la France. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **65**, p. 44-62.
MAYOR (E.), VIENNOT-BOURGIN (G.), 1949. — Contribution à l'étude des Micromycètes du Languedoc et de Provence. *Rev. Pat. Veg. Ent. Agric.*, **28**, p. 29-53, 3 pl.
MAYOR (E.), VIENNOT-BOURGIN (G.), 1950. — Contribution à l'étude des Micromycètes de Corse. *Rev. Mycol.*, **15**, p. 80-118.
MELANDER (L. W.) et CRAIGIE (J. H.), 1927. — Nature of resistance of Berberis sp. pl. to Puccinia graminis. *Phytopath.*, **17**, p. 95-114.
MELHUS (I. E.), DURRELL (L. W.) et KIRBY (R. S.), 1920. — Relation of the Barberry to stem rust in Iowa. *Iowa Agric. Expt. sta. Res. Bull.*, **57**, p. 283-325.
MICHELI (P. A.), 1729. — Nova plantarum genera, 234 p., 108 pl. (in ARTHUR et al., 1929).
MILLER (P. R.), 1932. — Pathogenicity of three cedar rusts that occur on apple. *Phytopath.*, **22**, p. 723-740, 2 fig., 10 tabl.
MILLER (P. R.), 1936. — Morphological aspects of Gymnosporangium Galls. *Phytopath.*, **26**, p. 799-801.
MILLER (P. R.), 1939 *a*. — Pathogenicity symptoms and the causative fungi of three apple rusts compared. *Phytopath.*, **29**, p. 801-811.
MILLER (P. R.), 1939 *b*. — The relation of aeciospores germinability and dissemination to time of infection and control of Gymnosporangium juniperi-virginianae on red-cedar. *Phytopath.*, **29**, p. 812-817, fig.
MOLINIER (R.), 1951. — Les climax côtiers de la Méditerranée Occidentale. *Végétatio*, **4**, fasc. 5, p. 284.
MONTARLOT (G.), 1952. — Description et cartographie des terres et sols du département de l'Hérault. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agr.*, sér. A, p. 9-94, 221-284.
MONTEMARTINI (L.), 1920. — Gymnosporangium clavariaeforme f. longissima. *Riv. Pat. Veg.*, **10**, fasc. 8-9, p. 125.
MONTEMARTINI (L.), 1925. — Svernamento del G. clavariaeforme (Jacq.) Reess. sopra il Crataegus oxyacantha L. *Riv. Pat. Veg.*, **15**, fasc. 5-6, p. 85-86.
MOORE (M. H.), 1945. — Note on Medlar cluster-cup rust (Gymnosporangium confusum Plowr.) in Kent in 1943-1944. *Trans. brit. mycol. Soc.*, **28**, fasc. 1-2, p. 13-15, 1 pl. (C. R. in *R. A. M.*, 1945, **24**, p. 376).
MOORE (M. H.), REY (G. L.) et HOLMES (E.), 1946. — Fruit bud development. *Bull.* nº 137, of the Ministry of Agric. and Fish. published by His Majesty's stationery office., 7 pl. col.
MOREAU (Cl.), 1950. — Les mycocécidies des régions tropicales. *Rev. Mycol.*, **15**, suppl. colo. nº 1, p. 1-44.

MOREAU (F.), 1953. — Les champignons. Physiologie, morphologie, développement et systématique, 2 vol., **1,** 940 p., 465 fig. — **2,** 1 180 p., 835 fig. Paris, Lechevalier, Encycl. Mycol., XXII, XXIII.

MOREL (G.), 1948. — Recherches sur la culture associée de parasites obligatoires et de tissus végétaux. *Ann. Epiph.*, **14,** fasc. 3, p. 123-234, 30 fig., 15 pl.

MORTON (F.), 1952. — Juniperus sabina L. im Salzkammergut. *Arb. aus. der Bot. Sta. in Hallstatt.*, nº 123. Jahr. d. oberösterreichischen Muse alvereines, 97 band (Linz, p. 215-222).

MORTON (F.), 1954. — Ueber die Sukzession in einen Juniperus sabina. Busche. *Arbeiten aus der Bot. Sta. in Hallstatt.*, nº 145, 3 p.

MOUILLEFER (P.), 1892-1898. — Traité des arbres et arbrisseaux forestiers, industriels et d'ornement, 2 vol., 1403 p., 1 atlas. Paris, Klincksieck.

NATTRASS (R. M.), 1937. — A first list of Cyprus fungi. *Cyprus dept. agric. Nicosia.*, 87 p. (in JORSTAD).

NICOLAS (G.) et AGGERY (B.), 1949. — Notes phytopathologiques (7e note). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse,* **84,** 3e et 4e trim., p. 134-144.

NICOLAS (G.) et AGGERY (B.), 1950. — Notes phytopathologiques (8e note). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse,* **85,** 1er et 2e trim., p. 114-122.

NIEDERHAUSER (J. S.) et WHETZEL (H. H.), 1940. — Observations on the varietal susceptibility of apples to Gymnosporangium juniperi-virginianae. *Phytopath.*, **30,** p. 691-693.

NOELLI (A.), 1905. — Contribuzione allo studio dei micromiceti del Piemonte. *Malpighia,* p. 329-372 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **16,** 1906 ; p. 328).

NOELLI (A.), 1909. — Alcuni micromiceti dell'Ossola. *Malpighia,* **23,** 14 p. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, 1912, **22,** p. 172).

NOELLI (A.), 1912. — Micromiceti del Piemonti. *Nuovo Giorn. Bot. Ital.*, **19,** p. 393-411 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, 1913, **23,** p. 203).

OERSTED (A. S.), 1865. — C. R. provisoire de quelques observations qui prouvent que le Podisoma sabinae qui croît sur les branches de Juniperus sabina et le Roestelia cancellata qui attaque les feuilles de Poiriers sont des générations alternantes de la même espèce de champignon. Note déposée par M. DUCHARTRE à la séance du 19 juillet 1865 de la Sté Impériale et Centrale d'Agriculture de France. *Ann. Agric. Fr.*, 1865, 5e série, **26,** juillet-décembre, p. 314.

OERSTED (A. S.), 1867. — Ueber Roestelia lacerata Sow. nebst Bemerkungen über die anderen Arten der Gattung Roestelia. *Bot. Zeit.*, **25,** p. 222-223.

OERSTED (A. S.), 1869. — Nouveaux essais de semis faits avec des champignons parasites dont les générations alternantes habitent sur des plantes appartenant à des familles différentes (C. R. in *Bull. Soc. Bot. Fr.*, Rev. Bibl., p. 61).

OLIVE (L. S.), 1941. — The germination and staining of basidia in Gymnosporangium. *Stain techn.*, **16,** p. 149-153, 1 pl.

OLIVE (L. S.), 1944. — Spermatial formation in Gymnosporangium clavipes. *Mycologia,* **36,** p. 211-214, 2 fig.

OLIVE (L. S.), 1949. — A cytological study of typical and atypical basidial development in Gymnosporangium clavipes. *Mycologia,* **41,** p. 420-426, 14 fig.

PATOUILLARD (N.), 1889. — Le genre Coleopuccinia. *Rev. Mycol.*, 11e année, nº 4, p. 35-36.

PATOUILLARD (N.), 1897. — G. clavariaeforme sur Cr. aronia à Zaghouan et Bordj-Toum (in GUYOT, *Uredineana,* **IV,** p. 356).

PATOUILLARD (N.), 1900. — Essai taxonomique sur les familles et les genres des Hymenomycetes, 184 p., 74 fig., Lons-le-Saulnier, L. Declume.

PATOUILLARD (N.), 1902. — Champignons algéro-tunisiens nouveaux ou peu connus. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **18,** p. 47-53.

PEGLION (V.), 1893. — Ricerche anatomiche sopra i tumori delle foglie e rami di Pero causati dal parassitismo della Roestelia cancellata. *Riv. di Pat.*, **2**, p. 23.

PEGLION (V.), 1895. — Contribuzione alla conoscenza della flora micologica avellinese. *Malpighia*, **8**, p. 424-460 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **5**, p. 292).

PERISIC (M. M.), 1949. — Prilog poznavanju parasitne mikroflora U metohiji u 1949 Godini. (Contribution to the knowledge of the parasitic microflora of Metohija in 1949.) *Plant Protection* Beograd, **3**, p.73-75 (C. R. in *R. A. M.*, 1952, **31**, p. 353).

PERSOON (C. H.), 1794. — Neuer Versuch einer systematischen Einteilung der Schwamme. *Romer's Neues Mag. Bot.*, **1**, p. 63-128, 4 pl. (in ARTHUR et al., 1929).

PERSOON (C. H.), 1801. — Synopsis methodica fungorum, 708 p., 5 pl., Gottingen.

PETIT (A.), 1936. — Remarques sur l'emploi de quelques méthodes histologiques en Botanique appliquée et en Phytopathologie. *Rev. Pat. Veg. Ent. Agric. Fr.*, **23**, p. 208-212.

PETIT (A.), 1941. — Remarques biologiques sur les rouilles des céréales. *Ann. Serv. Bot. et Agro. Tunisie*, **16-17**, p. 151-180.

PETRAK (F.), 1920-1939. — Index of fungi. Justs Bot. Jahresb., 8 fasc. réimpression Comm. Mycol. Inst. Kew.

PETRAK (F.), 1937. — Fungi in K. B. RECHINGER Ergebnisse einer Botanischen Reise nach den Iran, 1937. *Ann. d. Nat. Mus. Wien.*, **50**, p. 414-521 (C. R. in Uredineana III, 1951, p. 392-393).

PLOWRIGHT (C. B.), 1888. — Experimental observations on certain british heteroecious Uredines. *Journ. Linn. Soc. Bot.*, **24**, p. 88-100.

PLOWRIGHT (C. B.), 1889. — A monograph of the british Uredineae and Ustilagineae, 1 vol., 347 p. Londres, Kegan, Trench and Co.

PLOWRIGHT (C. B.), 1901. — Observations sur la biologie de certaines Urédinées relatives à la valeur de certaines espèces biologiques. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **17**, p. 97-99.

POIRAULT (G.), 1890-1894. — Les Urédinées et leurs plantes nourricières. Journal de Botanique, 1890, n° 12, p. 229-234 ; n° 13-14, p. 245-251 ; n° 17, p. 307-315 ; n° 19, p. 342-348. — 1893, n° 21, p. 391-392. — 1894, n° 1, p. 16-18 ; n° 5, p. 106-108 ; n° 7, p. 148 ; n° 8, p. 163-164 ; n° 9, p. 173-177.

POIRAULT (G.), 1892. — Germination tardive des spores de Roestelia cancellata Reb. *Journ. Bot.*, 6e année, n° 3, p. 59-60.

POIRAULT (G.), 1915. — Sur quelques champignons parasites rares ou nouveaux observés dans les Alpes-Maritimes. *Bull. Assoc. Natur. Nice et Alpes-Maritimes*, **2**, n° 3, p. 16.

POIRAULT (G.), et RACIBORSKY, 1895. — Sur les noyaux des Urédinées. *Journ. Bot.*, **9**, p. 318.

POLITIS (J.), 1951. — Urédinées recueillis dans la presqu'île de Chalcidique. *Uredineana* III, p. 151-153.

PORCELLI (V.), 1896. — Contribuzione allo studio delle ipertrofie produte dalla Roestelia lacerata sulla foglie sui rami e sui fiori del Crataegus oxyacantha. *Riv. di Pat.*, **5**, p. 245-252, 1 pl.

RABENHORST (L.), 1884. — Kryptogamen flora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz, vol. 2, par G. WINTER, partic. p. 232-235.

RANOJEVIC (N.), 1911. — Die in Serbien in den Jahren 1906-1909 beobachteten Pflanzenkrankheiten und Schädlinge. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **21**, p. 42-49.

RATHAY (E.), 1880. — Ueber die Generationswechsel einheimischer Gymnosporangie. C. R. in *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **27**, p. 189.

RAYSS (T.), 1946. — Contribution à la flore mycologique du Proche-Orient. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, **62**, p. 5-41.

RAYSS (T.), 1951. — Nouvelle contribution à la connaissance des Urédinées de Palestine. *Uredineana* III, p. 154-221.

REBENTISCH (J. F.), 1804. — Prodromus florae neomarchiae, 406 p., 4 pl. (in ARTHUR et al. 1929).

REED (H. S.) et CRABILL (C. H.), 1915. — The cedar rust disease of apple caused by Gymnosporangium juniperi-virginianae. *Va. Agric. Exp. Sta. tech. Bull.*, **9**, 106 p., 23 fig. (in TOGASHI, 1949).

REESS (M.), 1869. — Die Rostpilzformen der deutschen Coniferen. *Abh. nat. Ges. halle*, **11**, p. 49-118, 2 pl.

REGEL (C. de), 1952. — Flore du Mont Oeta en Grèce. *Bull. Soc. Bot. Fr.* ; *Mém.* p. 122-143.

RICHARDS (H. M.), 1889. — The uredo-stage of Gymnosporangium. *Bot. Gaz.*, **14**, p. 211-216.

ROGER (L.), 1951-1954. — Phytopathologie des pays chauds, 3 vol., 3 150 p., 368 fig. Paris, Lechevalier.

ROSEN (H. R.), 1918. — Notes on some methods and terms employed in studying the Uredinales. *Phytopath.*, **8**, p. 581-583.

ROSTRUP (E.), 1886. — Sur quelques déformations des Phanérogames causées par les champignons parasites. *Rev. Mycol.*, nº 30, p. 94-98.

ROUMEGUERE (C.), 1870. — Cryptogamie illustrée ou Histoire des familles naturelles des plantes acotylédones d'Europe, 164 p., 1 700 fig. Paris, Baillière et Fils.

ROZE (E.), 1869. — Roestelia cancellata obtenu par inoculation. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, Séance 28 mai 1869, p. 214.

ROZE (E.), 1870. — Résultats d'une expérience biologique avec les Podisoma fuscum et clavariaeforme. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **15**, p. 258-261.

RUSSELL (W.), 1910. — Remarques sur une station du Juniperus communis dans les Vosges granitiques. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **55**, p. 35-36.

SACCARDO (P. A.) et SACCARDO (D.), 1888-1925. — Sylloge fungorum.

SAHLI (G.), 1916. — Die Empfänglichkeit von Pomaceen-bastarden, -chimären und intermediären Formen für Gymnosporangien. *Centr. Bakt.*, **2**, p. 264-301 (in JORSTAD).

SAJO (K.), 1894. — Bericht über die in Ungarn in den Jahrem 1884-1889 vorgekommenen landwirtschaftlichen Insektenschaden. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **4**, p. 156.

SAPPIN-TROUFFY (P.), 1893. — La pseudofécondation chez les Urédinées et les phénomènes qui s'y rattachent. *Le Bota*, 3e sér., fasc. 5, p. 205-208.

SAPPIN-TROUFFY (P.), 1893. — Les suçoirs chez les Urédinées. *Le Bota*, 3e sér., fasc. 5, p. 215-219, 1 pl.

SAPPIN-TROUFFY (P.), 1895. — Origine et rôle du noyau dans la formation des spores et dans l'acte de la fécondation chez les Urédinées. *Comptes rendus Acad. Sc.*, 19 août 1895.

SAPPIN-TROUFFY (P.), 1896. — Recherches mycologiques. Parasites des Urédinées. *Le Bota*, 5e sér., fasc. 1, p. 44-58.

SAPPIN-TROUFFY (P.), 1896. — Sur la signification de la fécondation chez les Urédinées. *Le Bota*, 5e sér., fasc. 1, p. 32-37.

SAPPIN-TROUFFY (P.), 1896. — Recherches histologiques sur la famille des Urédinées. *Le Bota*, 5e sér., p. 59-244.

SAVULESCU (T.), 1944. — Matériaux pour la flore des Urédinées de Roumanie. *Acad. Roum., Bull. Sect. Scientif.*, **26**, 5, p. 308-332.

SAVULESCU (T.), 1953. — Monografia uredinalelor din Republica populara romana, 2 vol., 1 166 p.

SAVULESCU (T.) et SAVULESCU (O.), 1941. — Matériaux pour la flore des Urédinées de Roumanie. *Ann. Acad. Roum.*, sér. III, **17**, Mém. 4, p. 113-261, 18 fig.

SCHMID (R.), 1954. — Ueber die histologische Spezialisierung von Blatt- und

Rindenpilzen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Beziehungen zum Phloem. *Phytopath. Zeits.*, **21,** fasc. 4, p. 407-432.

SCHROETER (J.), 1889. — Kryptogamen Flora von Schlesien, Pilze., p. 291-382.

SEYNES (J. de), 1863. — Essai d'une flore mycologique de la région de Montpellier et du Gard. Observations sur les Agaricinées suivies d'une énumération méthodique, 1 vol., 156 p., 5 pl., 1 carte. Paris, Baillière.

SLAUS-KANTSCHIEDER (J.), 1910. — Bericht über die Tätigkeit der k. k. landw. Lehr-und Versuchsanstalt in spalato im Jahre 1909. *Zeits. f. d. landw. Versuchswesers in Oesterreich*, p. 308 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, 1911, **21,** p. 300-301).

Société des Sciences Naturelles de la Charente-Inférieure, 1840. — Catalogue provisoire publié pour servir à la flore de la Charente-Inférieure, 1 vol., 159 p., La Rochelle, Mareschal, impr.

SOLLA (R.), 1895. — Rückschau über die auf phytopathologischen Gebiete während der Jahre 1893 und 1894 in Italien entwickelte Thatigkeit. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **5,** p. 159-169, 211-216.

SOLLA (R.), 1901. — Pflanzenkrankheiten in Italien. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **11,** p. 228-234.

SOLLA (R.), 1906. — Auftreten Schädlicher Pilze in Italien. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **16,** p. 328.

SORAUER (P.), 1886. — Handbuch der Pflanzenkrankheiten, **2,** 550 p., 62 fig. Berlin, P. Parey.

SPESCHNEW (N. N.), 1897. — Les parasites végétaux de la Cakétie. *Arb. Tiflis Bot. Gart.*, II, 70 p. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, 1901, **11,** p. 113-115.

STAEHELIN (M.) et WURGLER (W.), 1948. — Rapport d'activité des stations fédérales d'essais viticoles, arboricoles et de chimie agricole à Lausanne et à Pully, p. 798.

STEWART (A.), 1915. — An anatomical study of Gymnosporangium galls. *Amer. Journ. of Bot.*, **2,** p. 402-417, 2 pl.

SYDOW (P.) et SYDOW (H.), 1912. — Monographia Uredinearum, **3**, p. 5-76. Lipsiae, Borntraeger.

SYDOW (H.) et BORMULLER (J.), 1921. — Plantae macedoniae, Pilze. *Ann. Myc.*, **19,** p. 243-254 (C. R. in *Uredineana* I, 1938, p. 131.

TALLON (G.), 1931. — Étude de la forêt de Genévriers de Phénicie dite Bois des Rièges. *Act. Rés. Camargue*, Annexe *Bull. Soc. Nat. Acclim.*, nº 7, octobre.

TALLON (G.), 1950. — Observations botaniques. *La Terre et la Vie*, **5,** p. 255-264.

TALLON (G.), 1950. — Additions à la flore de Camargue. *La Terre et la Vie*, **5,** p. 265-274.

THATCHER (F. S.), 1943. — Cellular studies in relation to rust resistance. C. R. in *Phytopath.*, **33,** p. 14.

THAXTER (R.), 1887. — On certain cultures of Gymnosporangium with notes on their Roesteliae. *Proc. Amer. Acad. Arts and Sci.*, **20,** p. 259-260.

THELLUNG (A.), 1912. — La flore adventice de Montpellier. *Mém. Soc. Nat. Sc. Nat. et Math. Cherbourg*, **38,** p. 57-728.

THIEBAUT (J.), 1919. — Sur des formes critiques d'Aubépine. *Ann. Soc. Bot. Lyon*, **41,** Notes et Mémoire, p. 10-13.

THIRUMALACHAR (M. J.), 1942. — Morphology and parasitism of Trochodium sampathense T. *Journ. Ind. Bot. Soc.*, **21,** p. 59-68.

THIRUMALACHAR (M. J.) et MUNDKUR (B. B.), 1949. — Genera of rusts I. *Ind. Phytopath.*, vol. 2, nº 1, p. 65-101, 36 fig.

THIRUMALACHAR (M. J.) et MUNDKUR (B. B.), 1949. — Genera of rusts II. *Ind. Phytopath.*, vol. 2, nº 2, p. 1-52, fig. 36-82.

THIRUMALACHAR (M. J.) et MUNDKUR (B. B.)., 1950 — Genera of rusts III. *Ind. Phytopath.*, vol. 3, nº 1, p. 4-42, fig. 84-106.

THOMAS (H. E.), 1933. — The quince rust disease caused by Gymnosporangium germinale. *Phytopath.*, **23**, p. 546-553, 1 fig.
THUEMEN (F. von), 1877-1880. — Herbarium mycologicum oeconomicum. Wien.
TOGASHI (K.), 1949. — Biological characters of plant pathogens temperature relations, 1 vol., 478 p., Meibundo.
TRANZSCHEL (W.), 1939. — Conspectus Uredinalium U. R. S. S. (C. R. in *Uredineana* IV, 1953, p. 375-406).
TRAVERSO (G. B.), 1913. — Manipolo di funghi della valle Pellina. *Bull. Soc. Flore Valdotaine*, n° 8, 40 p. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **23**, p. 204).
TROTTER (A.), 1908. — Flora italica crittogama. Pars. I. Fungi ; fasc. 4, Uredinales. *Soc. Bot. Ital.*, 519 p., R. S. Cassiano édit.
TROTTER (A.), 1916. — Osservazioni biologiche sulla ruggine del Pero. *Riv. di Pat. Veg.*, **8**, p. 65-76.
TUBEUF (K. F. von), 1891. — Generations- und Wirtswechsel unserer einheimischen Gymnosporangiumarten und die hierbei auftretenden Formveranderungen. *Zentralbl. f. Bakt. und Parasitenkunde*, **9**, p. 89 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **1**, p. 110-114).
TUBEUF (K. F. von), 1893. — Mitteilungen über einige Pflanzenkrankheiten. V. Die Nadelbewohnende form von Gymnosporangium juniperinum. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **3**, p. 201-203.
TUBEUF (K. F. von), 1895. — Pflanzenkrankheiten durch Kryptogamen Parasiten verursacht. (Trad. SMITH : Diseases of plants induced by cryptogamic parasites, 598 p., 330 fig).
TUBEUF (K. F. von), 1907. — Perennieren des Aecidienmycels von Birnenrostpilz. *Naturw. Zeits. Land. Forstw.*, **5**, p. 217-219 (in ARTHUR et al., 1929).
TULASNE (L. R.), 1853. — Note sur la germination des spores des Urédinées. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **36**, p. 1093-1095.
TULASNE (L. R.), 1854. — Sur le dimorphisme des Urédinées. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **38**, p. 761-765.
TULASNE (L. R.) 1854. — Second mémoire sur les Urédinées et Ustilaginées. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 2e sér., **4**, p. 77-196, 6 pl.
TULASNE (L. R.) et TULASNE (C.), 1847. — Mémoire sur les Ustilaginées comparées aux Urédinées. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 3e sér., **7**, p. 12-127, 6 pl.
TULASNE (L. R.) et TULASNE (C.), 1861-1865. — Selecta fungorum carpologia, 3 vol., 783 p., 60 pl.
TULASNE (L. R.) et TULASNE (C.), 1872. — Nouvelles notes sur les fungi tremellini et leurs alliés. *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 5e sér., **15**, p. 215-255, 4 pl.
TURCONI (M.), 1910. — Intorno alla micologia lombarda. *Atti Instit. Bot.* Pavia, **12**, p. 57 (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **20**, p. 422.
ULBRICH (E.), 1938. — Die von der deutschen Himalaya-Expedition 1937 gesammelten Pilze. *Notizbl. Bot. Gart. Berlin*, **14**, 122, p. 139-150.
UZEL (H.), 1907. — Mitteilung über Schädiger und Krankheiten der Kulturpflanzen in Böhmen im Jahre 1905. *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **17**, p. 83-89.
VAN TIEGHEM (P.), 1893. — Sur la classification des Basidiomycètes. *Journ. Bot.*, **7**, p. 77-87.
VERNET (A.), 1945. — La sécheresse de printemps dans le Languedoc méditerranéen. *Progr. Agric. Vitic.*, 17-24 juin, p. 231-233.
VIENNOT-BOURGIN (G.), 1933. — De quelques Urédinales rares ou nouvelles, observées dans le département de Seine-et-Oise. *Rev. Pat. Veg. Ent. Agric. Fr.*, **20**, p. 280.
VIENNOT-BOURGIN (G.), 1933. — Notes sur quelques Urédinales et Ustilaginales observées en 1931-1932 en Seine-et-Oise (région Sud). *Rev. Pat. Veg. Ent. Agric. Fr.*, **20**, p. 85-114.
VIENNOT-BOURGIN (G.), 1949. — Les champignons parasites des plantes cultivées, 2 tomes, 1850 p. Paris, Masson.

VOGLINO (P.), 1904. — Osservazioni sulle principali malattie crittogamiche sviluppatesi nell'anno 1904 sulle piante coltivate nella provincia di Torino e regioni vicine. *Ann. d. R. Acad. Agric. Torino*, 87 p. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **16,** p. 276-278).

VOGLINO (P.), 1906. — I funghi piu dannosi alle piante osservati nella provincia di Torino e regioni limitrofe nel 1905. *Ann. d. R. Acad. Agric. Torino*, **48,** 42 p. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **18,** p. 30-31).

VRIES (L. de), 1940. — French english science dictionary, 1re édit., 6e impr., 546 p. New-York, Mc Graw-Hill.

VUILLEMIN (P.), 1893. — Remarques sur les affinités des Basidiomycètes. *Jour. Bot.*, 7e année, 9, 1er mai, p. 164-174.

VUILLEMIN (P.), 1912. — Les champignons. Essai de classification, 1 vol., 425 p. Paris, Doin.

WAKKER (J. H.), 1892. — Untersuch. über den Einfluss parasitischer Pilze auf ihre Nahrpflanzen. *Pringsheim's Bot.*, **24,** p. 499 (in TUBEUF, 1897, p. 386).

WARD (H. M.), 1905. — Recent researches on the parasitism of fungi. *Ann. Bot.*, **19,** p. 1-54.

WEBSTER (F. M.), 1894. — Notizen über 1893 in England aufgetretene Pflanzenkrankheiten. (C. R. in *Zeits. f. Pflanzenkr.*, **4,** p. 230).

WEIMER (J. L.), 1917. — Three cedar rust fungi : their life histories and the diseases they produce. *Cornell agric. Expt. sta. bull.*, 390, p. 505-549.

WETTSTEIN (R.), 1944. — Tratado de Botanica sistematica, 4e édit., trad. par P. FONT QUER, XX, 1040 p., 709 fig. Barcelona.

WILSON (M.) et BISBY (G. R.), 1954. — List of british Uredinales. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, **37,** fasc. 1, p. 61-86.

WINTER (G.), 1880. — Verzeichniss der im Gebiete von Koch's Synopsis beobachteten Uredineen und ihrer Nahrpflanzen. *Hedwigia*, **19,** p. 33-45, 53-60.

WINTER (G.), 1884. — Die Pilze Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz, in RABENHORST'S Kryptogamenflora, I band, 924 p., partic. p. 232-235.

WOLF (F. A.), 1913. — Internal aecia. *Mycologia*, **5,** 303-304, fig.

WOLF (F. A.) et WOLF (F. T.), 1947. — The fungi, 2 vol., 438 + 538 p. New-York, Wiley and Sons.

YARWOOD (C. E.), 1939. — Relation of moisture to infection with some downy mildews and rusts. *Phytopath.*, **29,** p. 933-945.

YARWOOD (C. E.), HALL (A.) et NELSON (M.), 1952. — Nutritive value of rust infected bean leaves. *Phytopath.*, **42,** p. 481.

YARWOOD (C. E.) et HAZEN (W. E.), 1944. — The relative humidity at leaf surfaces. *American Journ. Bot.*, vol. 31, nº 3, p. 129-135.

ZOGG (H.), 1949. — Ueber ein neues, Uredo-bildendes Gymnosporangium : G. Gaeumanni n. sp. *Ber. d. Schw. Bot. Gesellsch.*, **59,** p. 421-426, 6 fig.

Le Directeur-Gérant : B. LACLAVIÈRE.

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 29-2-1956.

Dépôt légal: 1er trimestre 1956 *N° d'impression: 156*

LE DÉPÉRISSEMENT DE L'ABRICOTIER

I. — LES DIFFÉRENTES FORMES DE DÉPÉRISSEMENT

PAR

G. MORVAN

Station centrale de Pathologie végétale, Versailles

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction.

I. — Son importance économique.

II. — Etude bibliographique.

III. — Les principales formes de Dépérissement.

a) Accidents secondaires.

b) Les trois formes importantes de Dépérissement.

1° Les manifestations chancreuses.

2° Les trachéomycoses.

3° Le dérèglement de la végétation.

Conclusion.

INTRODUCTION

Deux régions de France sont le lieu de culture intensive de l'Abricotier : la vallée moyenne du Rhône de part et d'autre de ce fleuve dans les départements de l'Ardèche, la Drôme, l'Isère, la Loire et le Rhône, et le département des Pyrénées Orientales, comprenant la plaine du Roussillon et les parties basses et moyennes des vallées des fleuves côtiers. Ce sont les régions où cette étude a été poursuivie en premier lieu. Dans ces régions, où cet arbre est cultivé en vergers contigus localisés sur des territoires relativement restreints, on se plaint vivement du dépérissement de l'Abricotier. Cette culture constitue sans doute une partie des spéculations agricoles plus importante que dans d'autres régions de culture de l'Abricotier. La mortalité également y paraît plus considérable.

Les producteurs de la vallée moyenne du Rhône, inquiétés par l'ampleur et la persistance de ces accidents depuis plus de trente ans, ont alerté à plusieurs reprises ces dernières années les services de l'Institut national de la Recherche Agronomique et ont formé un Groupement de

défense des cultures, à ce sujet. Leurs subsides ont aidé la réalisation de cette étude et nous les en remercions [1].

Nous donnons dans ce rapport préliminaire une vue d'ensemble des observations que nous avons faites principalement dans la région moyenne de la vallée du Rhône, dans le Roussillon et dans les vallées voisines.

Certaines difficultés dues à la distance et à l'absence de laboratoires équipés, là où sévit la maladie, expliquent l'aspect fragmentaire de notre étude.

I. — IMPORTANCE ÉCONOMIQUE DU DÉPÉRISSEMENT DE L'ABRICOTIER

Dans les réponses à une enquête faite en 1952, les producteurs du Lyonnais et des Pyrénées Orientales, indiquent une mortalité annuelle de cinq à dix pour cent (26 réponses sur 44, les autres étant légèrement supérieures ou inférieures).

Il est difficile d'être très précis sur ce point. Il faut signaler dès maintenant l'ambiguïté du terme dépérissement qui ne désigne en fait qu'une mortalité. Sous le terme de dépérissement, les producteurs désignent différentes formes que nous exposerons par la suite.

Pour la seule forme : Dérèglement de végétation qui nous paraît être la plus importante, les observations que nous avons faites dans un nombre limité de vergers nous amènent à estimer une mortalité moyenne de l'ordre de cinq pour cent. Deux vergers de moins de 10 ans greffés sur prunier, dans les Pyrénées Orientales, ont trente-deux pour cent de leurs arbres atteints, morts ou remplacés, le pourcentage d'arbres nouvellement atteints entre le printemps 53 et le printemps 54 était de sept pour cent. Dans le Lyonnais, les vergers présentent d'une façon moins systématique des arbres dépérissants dès les premières années de plantation. On obtiendrait des pourcentages du même ordre en tenant compte de cette différence. Des vergers de vingt ans ont plus de cinquante pour cent de leurs arbres remplacés, morts ou dépérissants. Le pourcentage d'arbres nouvellement atteints, entre le printemps 53 et le printemps 54, difficile à estimer en raison des conditions climatiques de l'année 1954, est de l'ordre de quatre à cinq pour cent.

Il faudrait ajouter des formes complémentaires de dépérissement qui, sans tuer complètement les arbres, leur font perdre des branches.

Les champignons qui attaquent le feuillage, les fleurs, les fruits et les rameaux de l'Abricotier (rouille, Oïdium, Monilia, etc.) ont sans doute une importance économique, mais on peut dire que dans les régions citées plus

[1] Nous remercions également les propriétaires qui ont bien voulu mettre à notre disposition leur verger et les Instituteurs itinérants agricoles des Pyrénées-Orientales, du Rhône et du Vaucluse qui nous ont conduit dans les plantations et nous ont transmis leurs observations.

haut, les formes de dépérissement constituent le problème essentiel de la culture de l'Abricotier.

II. — ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE SOMMAIRE

Il nous paraît inutile de reprendre complètement l'étude bibliographique de la question. RIEUF (17) en a fait en 1950 un exposé détaillé. Nous voudrions seulement indiquer la nature du désaccord qui règne entre les différentes publications qui traitent de dépérissement de l'Abricotier.

Contrairement aux publications provenant des pays d'Europe, un certain nombre de mémoires de pays anglo-saxons décrivent des maladies définies, dont les causes sont précisées et qui peuvent être classées dans la rubrique des dépérissements. Il s'agit de flétrissement ou de mort de branches ou d'arbres entiers désignés sous des noms divers : Black heart (6), Wilt (16) dû au *Verticillium albo-atrum* ; Die back en Australie (1) dû à un champignon rattaché au genre *Cytosporina*. Citons également un dépérissement attribué à un manque d'affinité avec le porte-greffe (15) et une bactériose en Grande-Bretagne (5) et en Nouvelle-Zélande (8).

Les mémoires venant d'Europe ou d'Afrique du Nord manifestent le plus souvent une certaine hésitation à attribuer les accidents de dépérissement ou d'apoplexie à des causes précises et simples.

Les conditions climatiques et culturales sont mises en cause : sécheresse, asphyxie des racines, effet du froid au départ de la végétation, précoce par nature, de l'Abricotier (21-25). Formation de gomme à la suite de la taille ou des blessures (23-24).

Des champignons sont ensuite mis en cause. Ils agiraient comme agents secondaires à la suite des facteurs précédents ou comme agents primaires, mais il semble que pour la plupart des auteurs, il reste un doute plus ou moins explicite. Les champignons décrits ne paraissent pas expliquer la totalité des cas de dépérissement.

CHABROLIN (2) en 1924 fut amené à décrire dans le Lyonnais un certain nombre d'accidents cryptogamiques d'importance restreinte et conjointement des symptômes d'une affection qu'il désigne sous le nom de dépérissement par apoplexie. Il ne put la rapporter à l'action d'aucun champignon, ce qui l'amena à conclure à une maladie physiologique.

JOESSEL et BORDAS (1931) s'opposaient nettement à cette thèse, expliquant la plupart des symptômes par une attaque de *Verticillium dahliae*, mais ils indiquaient qu'il s'agissait seulement d'une première étude, et en particulier que le rôle d'autres champignons restait à préciser (14).

SAREJANI (1935) en Grèce indiquait que le *Verticillium albo-atrum* et le *Phytophthora cactorum* causaient la mort d'un certain nombre d'abrico-

tiers mais que le terme de dépérissement s'appliquait à des maladies très diverses dues à différents facteurs (20).

Husz (1947) en Hongrie attribuait seulement une partie de la responsabilité à des champignons : *Verticillium albo-atrum* (11 p. 100 des cas) et *Armillaria mellea* sans préjuger des autres causes (13).

Rieuf (1950) au Maroc jugeait que dans les cas de dépérissement où il avait pu isoler le *Verticillium*, ce champignon semblait effectivement responsable de la mort de l'arbre sans prendre fermement partie pour les autres cas (17).

Enfin, Schad (1953) estimait que la cause de la plupart des dépérissements dans le Lyonnais et la Provence était un champignon parasite des radicelles et conseillait la désinfection du sol par des fongicides organomercuriques pour favoriser la régénération du système radiculaire. Il reconnaissait cependant la possibilité que certains types de dépérissements soient dus à une autre cause (pénétration de champignons par les plaies ou peut-être un virus) (22).

Dans une autre voie, Rives (1929-1931) a déclaré avoir obtenu après inoculation de bactéries isolées de lésions nécrotiques des branches, des lésions semblables ; mais, il s'agit d'un symptôme dont la spécificité, lorsqu'il est pris isolément, est discutable (18).

Enfin, l'hypothèse d'une maladie à virus a été exposée en 1951 par Chabrolin (4). Elle avait été avancée par Goidanich (1934-35-36) au cours de l'étude de la « leptonécrose » ou nécrose du liber du prunier japonais *Prunus salicina* (var. Burbank et Santa rosa), et secondairement de l'abricotier (9). Les symptômes décrits par lui présentent une grande similitude avec ceux que nous avons pu observer nous-mêmes sur abricotier. Dans la même ligne Delmas (1952) relate la transmission par greffe de la maladie (7).

Le caractère complexe de ces accidents ressort de ces études. La plupart des pays d'Europe ou d'Afrique du Nord signalent leur présence et l'on pourrait s'interroger sur la nature d'affections mal définies telles que celle désignée aux Etats-Unis sous le nom Sour Sap ou la mort partielle d'abricotiers citée par Thomas (1938) en Tasmanie qui avait été accompagnée de la formation de repousses qui avaient survécu plusieurs années (26).

Il apparaît malgré leur importance indéniable que les causes climatiques ou cryptogamiques n'expliquent pas tout.

Il est normal de commencer par considérer les causes connues comme les facteurs climatiques ou assez rapides à déterminer comme l'action du champignon avant d'envisager la possibilité d'autres causes plus longues à contrôler comme l'hypothèse de l'action d'un virus.

Lorsque nous avons repris en 1952 cette étude, notre attention a été attirée comme celle de la plupart des auteurs cités plus haut, par des affections cryptogamiques les unes sans doute primaires, les autres en appa-

rence secondaires. Puis nous avons constaté des accidents ayant des traits communs dans des vergers très différents, qui ne pouvaient être facilement attribués à des champignons. Il ne pouvait pourtant pas être question d'engager immédiatement des essais pour vérifier l'hypothèse de l'action d'un virus, suggérée par certains auteurs, avant d'avoir reconnu et séparé les symptômes susceptibles d'être transmis. Les délais que demandent les arbres pour réagir aux inoculations sont trop longs pour que l'on pratique des greffes sans ce travail préalable. Nous avons donc été amené à multiplier les observations en différents lieux et à différentes époques sans préjuger de la cause. Il fallait vérifier également si les divergences entre les auteurs n'étaient pas dues à ce qu'ils n'avaient pas attaché leur attention aux mêmes sujets.

III. — LES PRINCIPAUX ASPECTS DE DÉPÉRISSEMENTS

Si l'on considère les différents abricotiers qui manifestent des signes de souffrance, on remarque certains arbres attaqués par des champignons déjà décrits par CHABROLIN (1928) : *Cytospora* sp. *Schyzophyllum commune* Fr. et des Polyporées. La fréquence en est faible dans les vergers bien tenus et certains arbres paraissent bien supporter la présence de Polypores. Dans d'autres cas, ces champignons n'apparaissent que sur les branches mortes d'arbres malades depuis longtemps (1).

On remarque également des affections que nous voudrions citer avant d'aborder l'exposé des accidents de dépérissement à proprement parler, pour les éliminer de nos préoccupations dans la suite de l'exposé.

a) Accidents secondaires

Un certain nombre d'arbres meurent dans l'année de leur plantation. Souvent on remarque que le collet, la base du tronc et les racines sont pourris. Le cas a été étudié plus précisément dans le département du Gard où les arbres sont greffés au pied sur Franc et sont plantés profondément de telle sorte que le niveau de la greffe est à plusieurs centimètres au-dessous du niveau du sol. En général, l'onglet est coupé très tard, souvent au moment de la vente et la plaie non cicatrisée se trouve au contact de la terre. Nous avons rencontré des arbres dont les racines étaient complètement pourries et d'autres dont la pourriture partait nettement de la plaie et n'atteignait pas encore la partie opposée, demeurée vivante. Il ne nous semble pas utile de nous attarder sur une affection assez banale à laquelle quelques mesures d'hygiène devraient pouvoir remédier. Citons également des attaques sur des arbres de quelques années qui pourraient être en

(1) Nous pouvons faire à leur égard la même remarque que pour les attaques de Scolytes. On ne les rencontre qu'irrégulièrement sur des arbres qui présentent par ailleurs une grande similitude de symptômes avec ceux du dépérissement.

relation avec la destruction par les agents atmosphériques et les champignons saprophytes d'onglets qui n'avaient pas été coupés ou coupés trop longs (plusieurs centimètres) et qui ont pu servir de porte d'entrée à des parasites.

Mettons également à part les cas de pourridié que nous avons rencontrés dans le Vaucluse avec une grande fréquence sur quelques petites plantations placées sur défriches de chênes, et citons pour mémoire les cas d'apoplexie provoqués par le Capnode (*Capnodis tenebrionis L*) dans les régions les plus méridionales et les attaques de Xylébore (*Xyleborus* sp.).

FIG. 1. — Chancre formé au voisinage d'une plaie de taille. Variété Muscat-Pêche greffée sur franc. Remarquer les boutons de gomme à gauche près de la base des deux rameaux et à droite sur la partie du chancre à l'ombre. (Près de Baume de Venise, Vaucluse, mars 1953.)

b) Trois formes importantes de dépérissement

Trois types d'accidents doivent maintenant attirer notre attention : des manifestations chancreuses et gommeuses, des trachéomycoses et le dérèglement de la végétation.

1° Les manifestations chancreuses

Le premier groupe comprend des dépérissements liés à des chancres et à des épanchements de gomme séparés ou simultanés. Leur diversité, le fait qu'ils paraissent n'avoir une importance réelle que dans certaines régions, qui sont précisément celles que nous avons visitées de façon secon-

FIG. 2. — Chancre du tronc des abricotiers greffés sur Pêcher. On ne remarque qu'une fissure de l'écorce. Au-dessous cette écorce aplatie et morte, s'étend une zone de bois mort limitée par des bourrelets de cicatrisation. (Environs de Valence, mars 1954.)

daire, expliquent que nous ne les avions étudiés que superficiellement. Nous voudrions cependant les décrire rapidement.

Çà et là dans le Lyonnais et le Roussillon, on remarque de petits épanchements de gomme dont l'importance paraît être minime ; en particulier, nous n'avons pu trouver de relation avec les dérèglements de

végétation dont nous reparlerons plus loin. Dans les cas les plus graves, une gomme fluide et diaphane s'accumule dans une lacune occupant tout le liber, du cambium à l'écorce.

Si ces accidents sont dispersés dans ces régions, au contraire dans le Gard, le Vaucluse et particulièrement dans la région de Tarascon, dans

FIG. 3. — Chancre du tronc. Bourrelets cicatriciels qui se sont formés successivement par suite de la mort de ceux formés précédemment. (St-Rambert d'Albon. Drôme, mars 1953).

les Bouches-du-Rhône, nous avons remarqué fréquemment des chancres avec fissures longitudinales et suintements gommeux sur les grosses branches qui ont un aspect rappelant ceux décrits en Australie (2). Ces chancres atteignent presque tous les arbres de certains vergers et paraissent se superposer au dépérissement décrit plus loin.

En Vaucluse (régions de Baume de Venise) sur Franc (fig. 1) nous avons remarqué sur des arbres de quelques années des boutons de gommes

au sommet d'une zone bombée sur des branches de 2 et 3 ans près des plaies de tailles. Par pression après avoir retiré le bouton gommeux, il s'écoule une gomme fluide et presque incolore. A la dissection on remarque une zone de liber injectée de gomme ou même une lacune allant du bois au phelloderme. L'abcès se dessèche, il lui succède un chancre. La vigueur de l'arbre ne paraissait pas trop en être atteinte. Ces chancres semblaient concerner la variété Muscat-Pêche.

Dans les environs de Valence, nous avons également rencontré quelques boutons de gomme sur les branches de jeunes arbres mais nous avons relevé avant tout des chancres sur les troncs et à la base des charpentières des abricotiers greffés sur pêchers, qui constituent la majeure partie des arbres cultivés dans cette région. Sur le tronc une zone d'écorce morte plus ou moins facile à repérer, car elle n'est souvent que simplement aplatie (fig. 2) cache un chancre que l'on découvre en arrachant l'écorce mortifiée. On voit une zone de bois mort et noircie en fuseau de quelques centimètres de large et de quelques décimètres de long, entourée par deux lèvres de cicatrisation. Cette cavité héberge souvent des insectes divers (perce oreille, *Forficula auricularia* L etc.) et demeure humide. Latéralement au-delà des lèvres, une matière pulvérulente et jaune s'étend sous l'écorce. Aux commissures des lèvres on rencontre souvent des infiltrations gommeuses. Le phénomène peut se reproduire si le bourrelet est tué, et l'on peut remarquer sur la figure 3 jusqu'à trois bourrelets cicatriciels successifs.

Ces chancres ne sont certainement pas capables de tuer entièrement l'arbre, mais souvent ils provoquent le dessèchement des branches situées dans leur prolongement. Quand le chancre est suffisamment large, le bois mis à nu se trouve attaqué par les agents atmosphériques et les saprophytes et perd sa résistance mécanique. Sous l'effet du vent, l'arbre se brise (fig. 4). L'abricotier peut donner des repousses au-dessous du chancre.

Leur fréquence est considérable ; voici un relevé effectué dans le voisinage de Valence : sur 125 arbres observés, 64 arbres présentent un ou deux chancres sur le tronc ou la base des charpentières, et un en présente trois. Secteur nord 10, secteur est 15, secteur sud 26, secteur ouest 27 dont respectivement 4, 9, 21, 21 sur le tronc. Il ya donc une orientation préférentielle et probablement une relation avec les brûlures du soleil. On a pu remarquer dans un verger une prédominance sur les lignes de bordure sud et ouest. Y a-t-il d'autres traumatismes à l'origine et une relation avec certains abcès de gomme ? Quel est le rôle du Monilia ? Le problème reste entier. Ces chancres constituent pour la région un sérieux problème, qui estompe l'importance des autres formes de dépérissement. L'arrachage de l'écorce suivi d'application de mastic anti-chancres paraît avoir une action très favorable sur la cicatrisation et la régénération de l'écorce. En

plus, le bois se trouverait protégé contre les agents atmosphériques.

Ces manifestations chancreuses et gommeuses seraient à rapprocher de manifestations analogues sur cerisier. D'ailleurs, les cultivateurs ont fait un rapprochement et pratiquent souvent sur le tronc de l'abricotier comme ils ont l'habitude de le faire sur cerisier, des incisions longitudinales, dont la valeur paraît très discutable, pour permettre à la gomme de s'écouler.

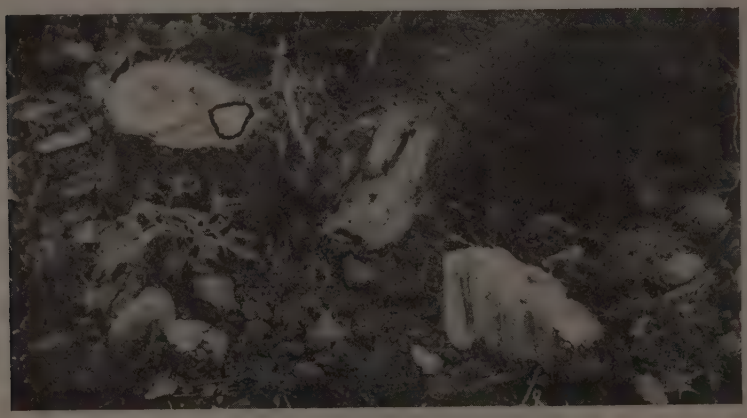


FIG. 4. — Base d'un arbre attaqué par un chancre. On remarque à la partie inférieure, au milieu, la base du tronc où s'est produite la rupture. La partie du tronc restée solidaire de la racine a été sciée. On voit à gauche, la partie principale du tronc constituée de tissus morts, flanquée d'un triangle de bois et de liber, seule partie demeurée vivante. [On remarquera que cet arbre qui portait un feuillage abondant ainsi que l'on peut en juger sur la partie supérieure de la photo, avait des feuilles normales légèrement enroulées, jusqu'au moment où s'est produite la rupture sous l'effet du vent]. (Environs de Bourg-de-Péage, Drôme, août 1954.)

2° Les trachéomycoses

Avant d'examiner le cas des trachéomycoses, signalons que nous n'avons pas poursuivi de recherches systématiques sur ces cas, car notre but initial était simplement de les opposer au dernier type de dépérissement considéré. Il s'agissait seulement de sondage et les essais d'inoculations n'ont été entrepris que très récemment.

Si le feuillage manifeste des signes de souffrance, les branches ne présentent pas de lésions, mais quand on entaille le bois, on y trouve des lignes longitudinales nécrosées.

Sur de tels arbres au mois de juillet 1953, le feuillage se flétrissait, pâlissait et jaunissait. Les feuilles pendaient. On pouvait parler d'apoplexie. Les points de nécrose sur la section d'une branche se situaient tantôt sur une linge courbe dans la profondeur du bois, partant des racines et n'atteignant pas les petites branches, tantôt dans la partie superficielle et se prolongeaient dans les branches. En 1954, on notait au printemps une

floraison normale, une nécrose dans le bois superficiel. Au cours de l'été, cette nécrose était noire dans la partie ligneuse formée l'année précédente et brune dans celle formée au cours de l'année. Certains arbres avaient les extrémités défeuillées ; mais, l'aspect le plus caractéristique était le jaunissement des feuilles situées sur les dards portés par les branches de deux ans. Les feuilles tombaient ensuite, laissant ces branches hérissées par les

FIG. 5. — Attaque verticillienne. Remarquer que les feuilles ont une forme normale, certaines ont jauni. On voit sur les branches de deux ans les dards qui ont perdu leur rosette de feuilles. (Environs de Bourg-de-Péage, Drôme, août 1954.)

dards dénudés tandis que les pousses de l'année étaient normales (fig. 5). En fin de saison, les feuilles sont tombées plus tôt, mais nous n'avons pas observé au cours de l'année d'arbres morts d'apoplexie pour cette cause. Ces arbres se distinguaient au printemps suivant, des arbres sains, par l'abondance de ces dards qui ne portaient pas de fleur et par la très faible ramification des branches et des pousses de l'année précédente (fig. 6 et 7).

Dans tous ces cas, nous avons isolé un *Verticillium*. Ces arbres furent

rencontrés toujours dans des vergers plantés sur de vieilles luzernières ou ayant porté des pommes de terre, des tomates ou des fraises.

Nous avons remarqué d'autres accidents cryptogamiques isolés à action très limitée. Il s'agissait de nécroses de la base du tronc parfois limitée à l'abricotier dans le cas d'arbres greffés sur prunier. En général, les dégâts ont été limités à une branche et tous les symptômes avaient disparu l'année suivante.

FIG. 6. — Abricotier atteint par le *Verticillium* au Printemps. Faible ramification et branches hérissées de dards. (Condrieu, Rhône, mars 1955.)

3° Le dérèglement de la végétation

L'étude détaillée de cette forme de dépérissement doit faire l'objet d'un exposé particulier, il ne s'agira donc ici que d'une étude résumée.

Ce type correspond à celui étudié par CHABROLIN sous le nom de dépérissement par apoplexie et par GOIDANICH, en Italie, sous le nom de Leptonecrosis.

Notons à ce propos que contrairement à ce qui se passe en France, cette leptonécrose avait une importance restreinte sur l'abricotier et s'attaquait essentiellement au prunier japonais, *Pr. Salicina*. A notre

connaissance, il n'y a pas eu de publication récente à ce sujet en Italie. L'importance de cette maladie a-t-elle décru ? Il serait intéressant de comparer de visu ce qui se produit en France et en Italie au point de vue de la fréquence, de la répartition et des symptômes.

La description donnée par CHABROLIN a été reprise par les autres auteurs français : JOESSEL, BORDAS et RIVES, comme référence, avec

FIG. 7. — Un abricotier sain du même âge (même verger, même date).

quelques divergences sur la description des lésions rencontrées dans le bois et l'écorce, ce qui est la base des divergences sur l'interprétation des symptômes.

En voilà les caractéristiques :

— les arbres se dessèchent et meurent, la nécrose du bois semble être accidentelle, pas de trace localisée de parasites, mais les arbres présentent une suite de symptômes d'intensité variable, que l'on peut résumer comme suit sur les arbres greffés sur prunier,

— déformation des feuilles (enroulement, épaississement, frisure, jaunissement inter-nervaire),

— brunissement de la pulpe du fruit,

— départ prématuré de la végétation, la feuillaison accompagnant ou précédant la floraison (fig. 8),

— réduction de la floraison,

— souvent nécrose du liber,

— dessèchement, défeuillaison apicale ou subapicale des branches,

Fig. 8. — Dérèglement de la végétation : Feuillaison prématurée. Feuilles et fleurs sur la même branche. (Environs de Perpignan, mars 1954.)

— repousses à la base des charpentières malades (fig. 9),

— survivance du porte-greffe plus ou moins longtemps après la mort de l'abricotier.

Dans le cas des abricotiers greffés sur franc ou sur pêcher, la destruction est beaucoup plus rapide. On retrouve les symptômes précédents mais moins nettement et moins régulièrement.

Nous n'avons pas d'observations sur les abricotiers greffés sur amandier.

La régularité avec laquelle se produisaient ces symptômes, quels que soient les régions, le terrain, les années, quoique l'intensité de ces mani-

festations varient avec ces facteurs, incite à penser que l'on est devant une affection définie.

Chacun des symptômes pris isolément peut paraître peu spécifique. Lorsque l'on considère les symptômes qui ont été décrits pour les maladies de beaucoup d'arbres fruitiers, on s'aperçoit que certains considérés comme caractéristiques, correspondent en fait peut-être plus à une réac-

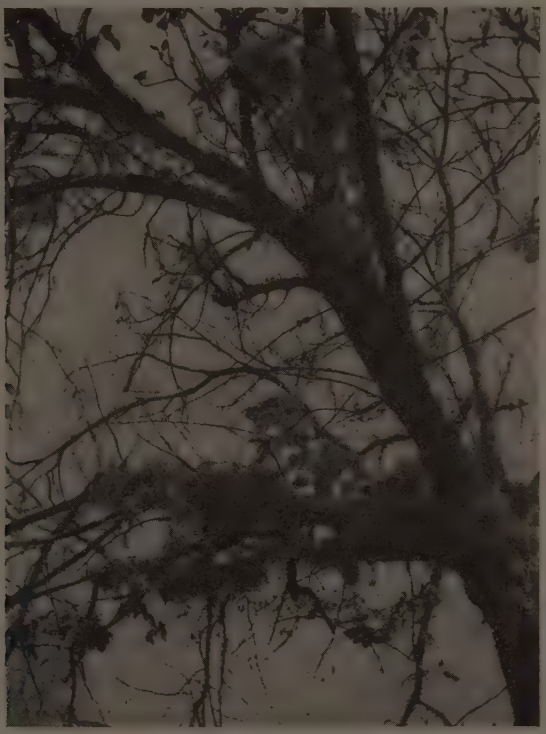


FIG. 9. — Dérèglement de la végétation : Repousses normales sur des branches desséchées. (Serves, Drôme, août 1952.)

tion conditionnée par la structure anatomique, les caractéristiques chimiques et physiologiques de l'arbre. On pourrait ainsi citer l'odeur acide de l'écorce malade, sa couleur orange, la maturité avancée, certaines formes d'enroulement. Il faut voir l'arbre dans son ensemble, la répartition et l'évolution de ces différents caractères.

CONCLUSION

La culture de l'abricotier se heurte à des dépérissements de diverses natures. Trop souvent, ces différentes manifestations sont confondues ; un effort pour éclaircir cette situation s'impose.

Des mesures d'hygiène sont à conseiller ; elles ont déjà été indiquées par JOESSEL et BORDAS et divers auteurs qui se sont intéressés à cette question.

En mettant à part le dérèglement de la végétation, voici ce que l'on peut indiquer :

La cicatrisation des plaies de taille de façon à empêcher l'infection, la réduction au maximum de ces plaies par une méthode de taille appropriée, l'application de mastic sur les grosses plaies surtout lorsque ces opérations sont suivies d'une période humide, en évitant toutefois l'utilisation du sulfate de cuivre qui provoque la formation de gomme d'après STAHELIN (1949), sont à conseiller.

Si sous certains climats secs (Gard) la plantation profonde de plants dont la plaie de l'onglet n'est pas encore cicatrisée n'a pas, en général, de conséquences graves, cette pratique est cependant dangereuse.

Ne serait-il pas possible de couper l'onglet plus tôt et, si la cicatrisation n'est pas complète, de le mastiquer et peut-être de ne pas enterrer la greffe dès la plantation en ménageant une cuvette ? On pourrait aussi saupoudrer cette zone avec un désinfectant (comme pour la désinfection de graines).

Lorsqu'on remarque à la taille des traces brunes dans le bois, il faut couper la partie atteinte largement au-dessous de l'endroit où cesse la nécrose s'il apparaît que l'infection vient d'une plaie de taille (si elle vient des racines, il n'y a plus rien à faire).

Le curetage et la désinfection des chancres seraient également à envisager, cela permettrait peut-être la cicatrisation en dehors du milieu malsain que sont les cavités au milieu des tissus morts. Quelques essais faits par des arboriculteus paraissent encourageants.

Par crainte du *Verticillium* il faut éviter de planter des abricotiers sur des terrains qui portent ou ont porté des pommes de terre, des tomates, des fraisiers ou de la luzerne.

Nous citons pour terminer, le pourridié que l'on évitera, en ne plantant pas directement sur une défriche d'arbres forestiers sans faire auparavant d'autres cultures.

Reçu pour publication le 13 juillet 1955.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) ADAM (D. B.), GRACE (J.) et FLENTJE (N. T.). — The Gummosis or die back disease of Apricots. *J. Dep., Agric. S. Austr.*, XLII, p. 14-29, 1952.

(2) CHABROLIN (Ch.). — Quelques maladies des arbres fruitiers dans la vallée du Rhône. *Ann. des Epiphyties*, X, p. 263-338, 1924.

(3) CHABROLIN (Ch.). — Notes et observations relatives aux dépérissements de l'Abricotier. *Ann. des Epiphyties*, XIV, p. 355-376, 1928.

(4) Chabrolin (Ch.). — Le dépérissement par apoplexie de l'Abricotier. *Congrès pomologique, France 1951*, p. 63-68.
(5) Crosse (J. E.). — Bacterial disease of stone fruit trees in Britain. — IX. — Bacteriosis of Apricot. *Trans. Brit. mycol. Soc.*, XXXVI, p. 38-45, 1953.
(6) Czarnecki (H.). — Studies of the so-called black heart disease of the Apricot. *Phytopathology*, XIII, p. 216-224 ; 1923.
(7) Delmas (H. G.). — Quelques aspects de la culture de l'Abricotier en France. *Fruits d'outre mer*, VII, 311-323, 1952.
(8) Dye (D. W.). — Blast of stone fruit in new Zealand, *N. Z. J. Sci. Tech.*, XXXV, p. 451-461, 1954.
(9) Goidanich (G.). — Un deperimento dei susini. *Boll. Staz. Pat. veg. Roma*, XII, p. 160-173, 1933.
(10) Goidanich (G.). — Richerche sul deperimento dei susini. *Loc. cit.*, XIV, p. 339-381, 1934.
(11) Goidanich (G.). — La leptonecrosi dei cilieghi e degli albicochi, *Loc. cit.* XIV, p. 531-540, 1934.
(12) Goidanich (G.). — La leptonecrosi degli alberi da frutta ed il comportamento di alcune varieta americane. *Italia agricola*. LXXIII, p. 459-464, 1936.
(13) Husz (B.). — Recherches mycologiques sur l'apoplexie de l'abricotier. *Acta mycol. hung.* IV, p. 6-12, 1947.
(14) Joessel (P. H.) et Bordas (J.). — Recherches sur les dépérissements dans la vallée du Rhône. *Ann. Epiphyties* XVII, p. 325-361, 1931.
(15) Proebsting (E. L.) et Hansen (C. J.). — Leaf scorch and die back of Apricots. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sc.* XLII, p. 270-274, 1943.
(16) Renouf (L. R.). — Verticillium wilt of apricots. *N.Z.J. Agric.*, LXXVII, p. 284, 1948.
(17) Rieuf (P.). — Le dépérissement des abricotiers. I. État des recherches en France et à l'Étranger. *Fruits Prim. Afr. N.*, XX, p. 354-357, 1950. — II. Situation et recherches au Maroc, p. 393-395, 1950.
(18) Rives (L.). — Sur les causes du dépérissement par apoplexie. *C. R. Acad. Agric.*, XV, p. 76-83, 1929.
(19) Rives (L.). — Nouvelles observations sur l'apoplexie de l'Abricotier et de divers arbres fruitiers. *Progr. agric. vitic.* VC, p. 88-91, 1931.
(20) Sarejani (J. A.). — L'Apoplexie des arbres fruitiers des environs d'Athènes. *Ann. Inst. Phytopath. Benaki*, I, 45-50, 1935.
(21) Savulescu (T.), Sanduville (C.), Rayss (T.), Alexandri (V.). — L'état phytosanitaire en Roumanie au cours des années 1932-1933. *Inst. Cerc. Agron. al Romăniei* 12, 93 pp. 1934.
(22) Schad (C.) et Grente (J.). — Le dépérissement de l'Abricotier et du Pêcher. *Journées fruitières d'Avignon* (30-31 janvier 1953), p. 39-43.
(23) Stahelin (M.). — Le dépérissement de l'Abricotier . *Ann. agric. Suisse*, XLVII, p. 765 ; 1946.
(24) Stahelin (M.). — Recherches sur les dépérissements des abricotiers en Valais. *Ann. agric. Suisse*, II, p. 586-587, 1948.
(25) Schilberski (K.). — Uber der Ursachen der Apoplexie bei den Steinobstbaumen. *Angew. Bot.*, XIV, p. 536-551, 1932.
(26) Thomas (P. H.) et Raphael (T. D.). — Notes on Apricot die back. Circumvention by prorogative methods. *Tasm. J. agric. N. S.*, IX, p. 46-49, 1938.

ÉVOLUTION ET SPÉCIALISATION DU *PUCCINIA GRAMINIS TRITICI* ERIKS. ET HENN. EN FRANCE AU COURS DE LA PÉRIODE 1952-1954

PAR

J. PONCHET

Station centrale de Pathologie végétale, Versailles (1)

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Introduction

II. — Revue de bibliographie.

III. — Matériel et méthodes utilisés.

IV. — Epidémiologie de la rouille noire de 1952 à 1954.
1° Épidémies naturelles.
2° Épidémies artificielles.
3° Foyers particuliers.

V. — Identification des races physiologiques en France.
1° Principales races.
2° Races exceptionnelles.
3° Races créées sur l'hôte écidien.

VI. — Répartition et évolution des races physiologiques.
1° Fréquence relative des races.
2° Localisation.

VII. — Races physiologiques et variétés de blé cultivées en France.

VIII. — Relations entre les races françaises et celles du Bassin méditerranéen.

IX. — Conclusions.

X. — Bibliographie.

I. — INTRODUCTION

Il est particulièrement difficile de chiffrer avec précision les dégats occasionnés annuellement en France aux cultures de Blé par les épidémies de la Rouille noire. La gravité des attaques du *P. graminis* décroît, pour une année moyenne, lorsqu'on se déplace du sud vers le nord de la France ; l'extrême nord de notre pays étant souvent presque complète-

(1) Avec la collaboration technique de R. LORNE.

ment épargné par la maladie. En outre, chaque année l'épidémie prend un aspect particulier qui rend aléatoire une étude statistique convenable des effets de la rouille noire.

Il semble, autant qu'il soit possible de l'affirmer, que les épidémies sont depuis un certain nombre d'années moins destructrices qu'elles ne le furent autrefois. Une telle constatation pourrait s'expliquer par deux causes principales : la disparition presque totale des buissons de l'épine-vinette (*Berberis* sp.) hôte écidien du *P. graminis* et la culture de variétés de blé de plus en plus précoces.

Ces variétés ont permis de raccourcir de 10 jours en moyenne la durée de végétation des Blés, donc de diminuer d'autant la période pendant laquelle la rouille noire devient dangereuse.

Il y a fort longtemps que la destruction systématique de l'épine-vinette a été rendue obligatoire dans certaines régions de France. C'est en partie au cours d'un voyage d'études en France que E. C. STAKMAN trouva les arguments qui le conduisirent à préconiser cette méthode de lutte contre la Rouille noire, méthode qui a été largement utilisée aux Etats-Unis. En dehors de certaines localités où l'on signale encore, relativement tôt en raison des foyers primaires du *P. graminis*, l'hôte écidien est devenu particulièrement rare à l'intérieur de nos grandes régions céréalières. L'élimination des foyers précoces, retarde peut-être le déclanchement des épidémies dans certaines localités sans toutefois en modifier l'allure générale caractéristique.

GUYOT et ses collaborateurs ont d'ailleurs montré combien était insignifiant le rôle joué par le *B. vulgaris* dans l'épidémiologie de la rouille noire du blé.

On sait qu'en dehors de son cycle complet de reproduction le *P. graminis* peut se multiplier de façon purement végétative au cours des épidémies. L'inoculum est alors constitué par des urédospores dont la dissémination anémophile a été amplement démontrée ; il provient de foyers permanents où le *P. graminis* se développe de façon continue tout au long de l'année. La destruction de l'Epine-vinette n'ayant pas donné de résultats notables et les traitements chimiques ne pouvant être actuellement envisagés, la seule méthode de lutte pratiquement intéressante est basée sur la création de variétés résistantes à la maladie.

Tenant compte de ces diverses constatations générales, les recherches entreprises à la Station centrale de Pathologie Végétale de Versailles ont eu pour but de contribuer à la création de nouvelles variétés de Blé en apportant le maximum de précisions sur le parasite à combattre.

L'étude de l'évolution annuelle des épidémies et du matériel virulent qu'elles apportent, étaient les deux points principaux du programme suivi, pendant trois années successives, laps de temps certainement insuffisant pour l'accomplissement de telles recherches. Les résultats acquis per-

mettent cependant d'apporter une contribution intéressante à l'établissement d'une méthode de lutte basée sur l'amélioration de la résistance des variétés.

II. — BIBLIOGRAPHIE

C'est E. C. STAKMAN de l'Université du Minnesota qui après avoir distingué les deux premières races physiologiques différentes chez le *P. graminis tritici* étudia systématiquement la spécialisation de ce parasite et mit au point avec ses collaborateurs les techniques d'identification des races actuellement utilisées à l'échelle internationale.

Aux Etats-Unis et au Canada, on étudie avec des moyens importants l'évolution annuelle du nombre et de la répartition des races physiologiques puis l'influence des variations observées sur le comportement des variétés de Blé cultivées et des croisements en cours de sélection.

M. NEWTON et T. JOHNSON ont plus particulièrement étudié au Canada la notion fondamentale de race physiologique. Ils ont, en considérant les races comme des individus, mis en évidence leurs potentialités héréditaires en réalisant artificiellement des croisements sur le *Berberis vulgaris*. Ces études de génétique ont permis de définir le concept de race et d'expliquer comment peuvent se créer des races nouvelles.

Les travaux nord-américains ont également beaucoup élargi la connaissance des caractéristiques d'une épidémie typique de Rouille noire.

Conservées pendant l'hiver dans les foyers permanents du Mexique et du Texas, les urédospores sont transportées par les vents venant du Sud en direction des plaines du Nord où l'on cultive intensivement le Blé. D'après les estimations effectuées une quantité d'urédospores évaluée à 200 kg se répand sur les 100 000 ha de céréales de Printemps cultivées dans la région des Grands Lacs ; cette première inoculation et les générations successives qui en sont issues donnent naissance à une quantité de spores évaluée à 4 000 tonnes.

En Amérique du Sud, les recherches concernant la spécialisation du *P. graminis* et la création de variétés résistantes sont effectuées par J. VALLEGA et ses collaborateurs.

En Europe, après les recherches fondamentales du siècle dernier sur la biologie et la systématique des rouilles. un certain nombre de travaux concernant le sujet qui nous préoccupe ont été publiés. Ils ont eu pour principaux auteurs : HASSBRAUK, KUMMER et STRAIB en Allemagne, GARBOWSKI en Pologne, SIBILIA en Italie, DE URRIES en Espagne et D'OLIVIERA au Portugal.

C'est FOEX et DUCOMET qui ont réalisé les premières études agronomiques sur la Rouille noire en France, puis L. GUYOT et ses collaborateurs ont contribué à faire connaître la systématique et la spécilisation du *P. graminis* dans notre pays.

Un rapport très documenté a été publié en 1952 après la réunion à Chypre sous les auspices de l'U.N.E.S.C.O. d'un congrès d'études sur la rouille noire dans le Moyen-Orient. L'ensemble des résultats importants obtenus en Amérique du Nord depuis quelques années a été résumé et publié dans le rapport de l' « International wheat stem rust conference » réunie en 1953 à Montréal.

Cette revue de bibliographie brève et incomplète montre cependant l'intérêt qu'ont toujours porté à la rouille noire des Céréales un grand nombre de chercheurs de tous les pays du monde.

III. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'identification des races physiologiques du *P. graminis* a été effectuée à partir d'échantillons du stade urédospore, prélevés dans les différents départements français par les soins des Directeurs des Services agricoles que nous remercions ici pour leur précieuse collaboration.

Des prélèvements récoltés par nos soins au cours de voyages d'études ou par le personnel des Stations d'Amélioration des Plantes de province ont chaque année complété le matériel d'expérience.

Pour leur transport et leur classement les échantillons étaient dès leur récolte placés dans une enveloppe de cellophane les isolant suffisamment pour éviter la constitution de mélanges. Avant leur utilisation les échantillons reçus ont été conservés dans un réfrigérateur dont la température était maintenue entre 0° et 5°. Chaque prélèvement effectué était accompagné d'une courte notice de renseignements indiquant sa provenance, la variété de Blé attaquée, les caractéristiques de l'attaque : foyer situé à proximité de *Berberis* sp. ou non, la date du prélèvement et de l'apparition de la rouille noire dans le département considéré.

Les techniques suivies tout au cours du travail d'identification des races physiologiques ne seront décrites ici que dans leurs grandes lignes, à quelques détails près, elles n'ont pas différé de celles mises au point et publiées par STAKMAN et ses collaborateurs.

Chaque collection d'urédospores reçue est multipliée sur la variété *Little Club* avant d'être inoculée à la série type d'hôtes différentiels composée de variétés appartenant à des espèces différentes du genre *Triticum*, dont la liste est donnée dans le tableau I.

TABLEAU I

Hôtes différentiels pour l'identification des races du P. graminis.

T. compactum	: Little Club.	*T. Durum*	: Arnautka
T. vulgare	: Marquis		Mindum
	Reliance		Spelmar
	Kota		Kubanka
T. monococcum	: Einkorn		Acme.[1]
T. dicoccum	: Vernal		
	Khapli		

Pour réduire le nombre des manipulations à effectuer on sème dans un même pot deux variétés différentes en les séparant par une distance de 5 à 10 cm. Pendant la période d'incubation chaque série d'hôtes différentiels inoculée est isolée de sa voisine par une cloison de 40 cm de hauteur.

Après 15 jours d'incubation, on note sur chaque variété différentielle les types de réaction à la rouille tels qu'ils ont été définis par STAKMAN et qui de 0 (immunité) à 4 (forte sensibilité) passent par une série d'intermédiaires.

En considérant comme résistantes les variétés ayant produit des réactions des types compris entre 0 et 2 et comme sensibles celles ayant réagi par des types 3 et 4 on obtient en se référant à la clef de détermination l'identification à une race précédemment décrite.

Dans les notations on utilise quelquefois les symboles + et — qui caractérisent des degrés de réactions plus ou moins forts autour du type défini.

Les urédospores produites sur les feuilles des jeunes plantules, lorsqu'ils appartiennent à une race pure sont récoltées à l'aide d'un aspirateur en verre et conservées au réfrigérateur.

Le matériel servant à l'inoculation de l'hôte écidien est constitué par des échantillons de téleutospores sur chaumes, mis en hivernation dans les conditions du milieu extérieur. Au Printemps, on les dipose au-dessus de jeunes semis de *B. vulgaris* élevés en serre et on les arrose matin et soir à l'aide d'un pulvérisateur. Les basidiospores entraînées par l'eau d'arrosage contaminent les jeunes feuilles du *B. vulgaris*.

Les écidies produites après fécondation artificielle des pycnides issues des basidiospores sont détachées et disposées sur un buvard humide collé au couvercle d'une boîte de Pétri. Les écidiospores déchargées au bout de 12 à 20 h sont récoltées sur une lame placée dans le fond de la boîte sous les écidies, pour être ensuite réparties sur les feuilles de plantules de Blé à l'aide d'un pinceau ou d'une aiguille lancéolée.

L'identification des races produites artificiellement sur l'hôte écidien se fait ensuite comme dans le cas d'échantillons d'urédospores.

IV. — ÉPIDÉMIOLOGIE DE LA ROUILLE NOIRE EN FRANCE DE 1952 A 1954

Grâce aux renseignements fournis par l'enquête effectuée auprès des Services agricoles départementaux et à la réalisation de contaminations artificielles en plein champ on a pu dresser un tableau de l'évolution de la rouille noire en France dans les conditions des trois dernières années.

1° Épidémies naturelles

C'est sur la bordure méditerranéenne de notre pays, dans les départements du Var, des Bouches-du-Rhône et de l'Hérault que l'on a observé chaque année les premières attaques de rouille noire. En 1953 et 1954 ces attaques ont été signalées entre le 25 mai et le 1er juin. L'épidémie a progressé ensuite suivant deux grandes directions correspondant sensiblement aux vallées du Rhône et de la Garonne pour atteindre au bout d'un mois l'ensemble du territoire français à l'exception de l'extrême nord et des régions d'altitude. Dans les Pyrénées, la rouille est apparue en moyenne à la même date que dans le Bassin Parisien, dans les Alpes, elle a toujours été plus tardive. En examinant la figure 1 on se rend compte que les zones successivement atteintes par la maladie correspondent approximativement avec les différentes zones de maturation des Blés ce qui ne veut pas dire qu'il existe un stade de végétation de la céréale qui détermine sa sensibilité. Le fait observé semble plutôt devoir être expliqué par l'action des facteurs du climat dont le rôle semble déterminant une fois l'inoculum présent dans le sud de la France.

Les larges massifs montagneux qui délimitent la France au sud, et où la rouille apparaît beaucoup plus tard que dans les régions de plaine voisines, constituent des obstacles limitant les contaminations en provenance d'Espagne ou d'Italie. Ces barrières naturelles et la présence de la mer Méditerranée font que la France se trouve dans une situation relativement privilégiée et protégée des attaques précoces de la rouille noire. Les conditions climatiques des grandes régions céréalières commencent à être favorables au développement de la rouille noire bien avant que les attaques naturelles ne soient apparues. Il semble donc que seule la présence d'inoculum fasse alors défaut comme on peut s'en rendre compte en déclanchant des épidémies artificielles.

En 1952, l'épidémie naturelle de rouille noire fut d'une importance moyenne, elle a attaqué sans provoquer de dégâts sérieux une grande partie des cultures de Blé de la Beauce et de la Brie, et atteint les départements du Nord de la France.

L'attaque de 1953 a été moins grave que celle de l'année précédente, plus tardive et à évolution trop lente pour provoquer des dommages notables aux cultures de Blé du Nord de la Loire. En 1954, les températures anormalement basses de l'été ont freiné considérablement l'extension de la rouille noire qui fut cependant observée sporadiquement dans la région parisienne.

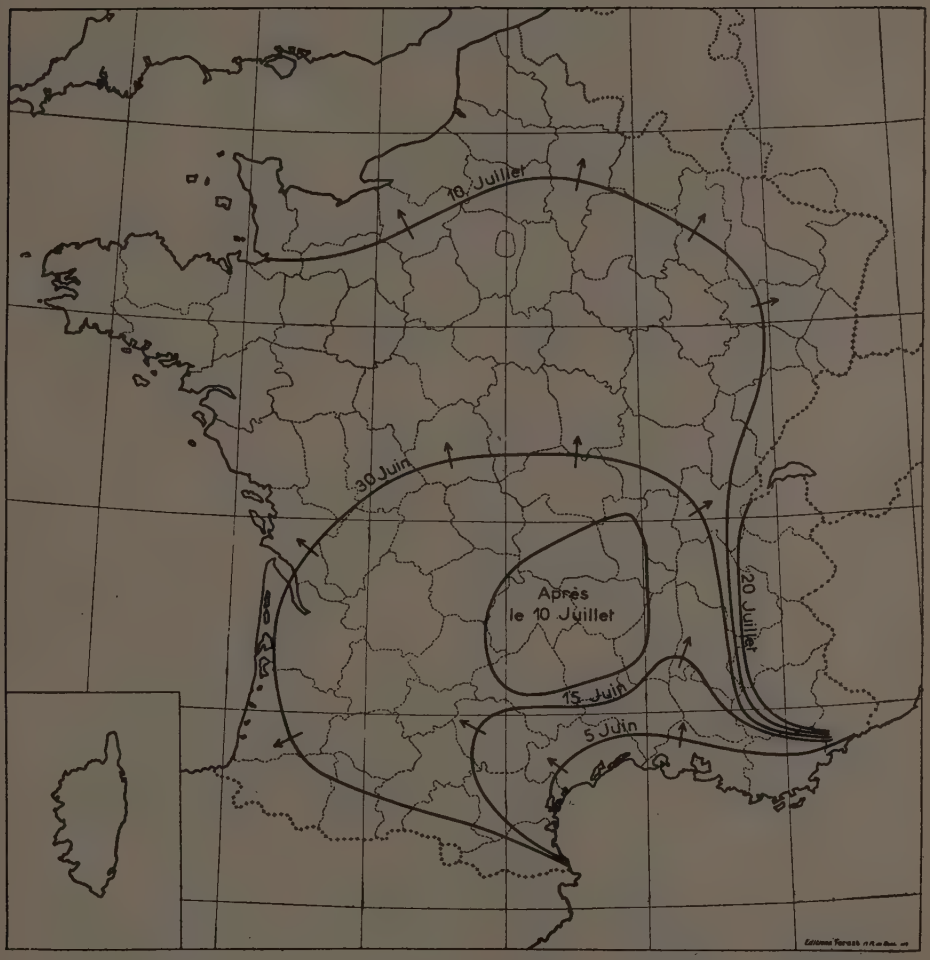


FIG. 1. — Évolution de l'épidémie du *P. graminis tritici* en France. au cours des années 1952-1953 et 1954.

2° Épidémie artificielle

Pour étudier le comportement de variétés nouvelles ou des lignées issues de croisements une épidémie artificielle de rouille noire a été créé chaque année sur les pépinières de la Station Centrale d'Amélioration des Plantes de Versailles bien avant la date d'arrivée normale des invasions naturelles.

Différents types d'inoculum ont servi à contaminer des variétés de Blé sensibles semées en lignes distantes de quelques mètres les unes des autres, à l'intérieur de la pépinière et jouant le rôle de premiers foyers.

En 1952, l'inoculum se composait d'un mélange de une partie d'urédospores récoltées en serre pour 100 parties de talc ; répandu par poudrage le 3 mai à la fin de la journée il a provoqué vers le 15 mai une sortie assez hétérogène des premières pustules. La maladie s'est ensuite étendue lentement et par paliers successifs à l'ensemble de la pépinière.

Une suspension d'environ 200 mg d'urédospores dans 30 litres d'eau a été pulvérisée le 18 mai 1953. Ce second type d'inoculum plus facile à répandre a produit une infection beaucoup plus homogène que le précédent, mais qui fut encore plus lente à s'étendre.

La même suspension de spores a été utilisée en 1954, mais l'adjonction d'un mouillant a beaucoup amélioré les résultats. Contaminées le 18 mai, les variétés sensibles se sont couvertes fin mai de pustules de rouille parfaitement bien réparties. La généralisation de la maladie à toute la pépinière à cette fois été réalisée en un temps très court.

L'établissement d'une épidémie artificielle est particulièrement fonction des conditions climatiques, qui succèdent à l'inoculation, mais aussi de la façon dont sont constitués les foyers primaires. La sortie des premières pustules doit être parfaitement homogène et les plantes sensibles sur lesquelles elles sont produites doivent être assez rapprochées pour que la dissémination ne soit pas le résultat de plusieurs générations successives d'urédospores, lorsque les conditions ne sont pas favorables au développement de la rouille.

Pendant trois années successives, on a pu obtenir de bonnes attaques artificielles de rouille plus d'un mois avant l'arrivée normale des invasions épidémiques, ce qui montre bien que l'installation du *P. graminis* en France est d'abord liée à la présence d'inoculum avant d'être conditionnée par les facteurs climatiques.

3° Foyers particuliers

En dehors des attaques généralisées du type épidémique, on constate en France chaque année la présence de foyers locaux du *P. graminis tri-*

tici, qui sont presque toujours en relation avec les peuplements naturels de son hôte écidien.

Ces foyers se créent parfois avant l'apparition des invasions épidémiques, mais leur extension reste en général limitée, souvent au territoire d'une ou deux communes. Si quelques-uns d'entre eux sont occasionnels, d'autres se produisent régulièrement chaque année, tels ceux du Mâconnais, de la bordure ouest des Alpes et du versant nord des Pyrénées.

Dans le Massif Alpin où de nombreux buissons d'épine-vinette poussent à l'état spontané, nous avons pu constater la présence du stade écidien du *P. graminis* à plusieurs reprises au cours du mois d'août. Ces foyers peuvent jouer localement un rôle dans l'établissement de la rouille noire sur les cultures de Blé, mais ils apparaissent beaucoup trop tard pour avoir des chances de s'étendre.

Si ces foyers ne modifient pas l'allure générale du développement annuel de la rouille noire en France, ils peuvent être à l'origine de races physiologiques nouvelles, ce qui leur donne une importance qu'il ne faut pas négliger.

V. — IDENTIFICATION DES RACES PHYSIOLOGIQUES EN FRANCE

L'utilisation de la technique d'identification de STAKMAN ne présente pas de grandes difficultés, seule la notation des types de réaction pose parfois des problèmes difficiles à résoudre, surtout en ce qui concerne la distinction entre une réaction du type 2^{++} et une réaction du type $3=$, la première devant être considérée comme une réaction de résistance, la seconde traduisant la sensibilité. Ces cas douteux sont rares, mais ils se présentent quelquefois sur les variétés *Marquis* et *Kota* dont le rôle dans la clef de détermination est primordial puisque l'ensemble des races physiologiques se divise en trois groupes principaux suivant que Marquis est résistant, sensible ou « mesothétique ».

Le nombre de races présentes en France étant assez réduit une grande partie du travail de leur identification a été effectué en utilisant une série réduite d'hôtes différentiels comprenant les variétés *Little Club*, *Marquis*, *Kota*, *Reliance*, *Mindum*, *Einkorn* et *Vernal*.

Cette série ne permet pas toujours de séparer certaines races ; dans de tels cas, l'échantillon indéterminé a été inoculé à la série complète de variétés différentielles présentées au tableau I.

Les races récoltées et conservées comme types de référence ont toutes été testées par un passage sur la série complète.

Tout le travail d'identification des races a été réalisé pendant la période allant du mois de juillet au mois d'octobre, les conditions de milieu au delà de cette période ne garantissant pas des types de réaction nor-

maux, même avec l'appoint d'un éclairage artificiel. Le nombre total des échantillons identifiés en trois ans s'est élevé à 312.

1° Principales races identifiées en France

Les principales races identifiées sur le territoire français de 1952 à 1954 sont groupées dans le tableau II. Il est indiqué pour chacune d'elles, les réactions types sur la série d'hôtes différentiels et les variations extrêmes par rapport à ce type, qui ont été observées au cours de la période d'expérimentation.

TABLEAU II

Races physiologiques les plus communes en France, leurs réactions types (T) et les variations observées par rapport à ce type (V)

Hôtes différentiels	Races physiologiques. 14 T	14 V	16 T	16 V	17 T	17 V	19 T	19 V	21 T	21 V	40 T	40 V	133 T	133 V	186 T	186 V
Little Club	4^{+}	4	4^{-}	$3^{-}4$	4	4 4^{+}	4	4	4	4^{+}	4^{+}	4^{+}	4	4	4	4
Marquis	2^{-}	1 2	2^{-}	$1^{-}2$	4^{-}	3 4	2^{-}	0,2	4	3 4	4^{+}	4	4	3 4	1	2
Reliance	1^{-}	0	0	0	0;	0	0;	0	0	0	4	3^{++}	0	0	0	0
Kota	1^{++}	0 2	1	$0-1^{+}$	3^{+}	3 4	3^{-}	3	3^{++}	3 4	4^{+}	3^{++}	0	0	0;	0 2
Annuika	3^{++}	4	3^{++}	4	4^{-}	4^{+}	4^{-}	4	4^{-}	4	4^{+}	4	1	1 2^{-}	1	1 2
Mindum	3^{++}	3 4	3^{+}	$3^{-}4$	4^{-}	3 4	4^{-}	3 4	4^{-}	3 4	4^{+}	4^{+}	2	2^{-}	0;	0; 1
Spelmar	3^{++}	4	3^{++}	3^{+} 4	4^{-}	4^{+}	4^{-}	$3^{+}4$	4^{-}	4	4	4^{+}	2	2^{-}	0;	0; 2^{-}
Kubanka	3^{++}	4	3^{+}	3^{+} 4	3^{++}	4^{+}	3^{++}	4	4^{-}	4	4^{-}	4	4	3^{++}	4^{-}	$3^{+}4$
Acmé	3^{++}	4	4^{-}	4	3^{++}	4^{++}	3^{++}	4^{+}	3^{++}	3^{+} 4	4	4	4	4	4^{-}	4
Einkorn	3	3 4	1^{-}	0 2	3	3 4	3	3	1^{-}	0; 1	0;	0;	0	0	1	0; 1
Vernal	1^{-}	0; 1^{+}	1^{-}	0; 1	1^{-}	0; 1	0;	0;	0;	0; 1	4^{-}	3^{++}	1	0;	0;	0;
Khapli	0;	0; 1^{++}	1	0; 1	1^{-}	0; 1	1^{-}	0	1^{-}	0; 1	1^{-}	0	2	0; 1	1	0; 1

Les 8 races décrites dans le tableau II représentent plus de 90 p. 100 de tous les prélèvements reçus annuellement des diverses régions de France. Quelques échantillons provenant du Maroc français appartenaient aux races 21-17 et 186. En considérant la série complète des variétés différentielles, la race 40 est la plus virulente de toutes celles isolées en France, seules les variétés *Einkorn* et *Khapli* lui sont résistantes. Les races 17 et 21 qui ne se distinguent que par leurs différences de réaction vis-à-vis de la variété *Einkorn* n'attaquent pas les variétés *Reliance* et *Vernal*. Les races 14, 16, 19 et 133 sont d'une virulence assez faible, elles ont souvent donné des réactions s'écartant légèrement des types décrits. La race 186 est la moins virulente de toutes les races représentées au tableau II puisqu'elle n'attaque que deux variétés de blés durs : *Kubanka* et *Acmé*.

Le tableau II montre que la variété *Reliance* n'est attaquée en France que par la race 40, mais elle reste immune à toutes les autres races alors que théoriquement elle devrait réagir par des taches d'hypersensibilité (0), aux races 14, 17 et 19.

De même la variété *Kota* reste fréquemment immune à des échantillons des races 14 et 16. Ces variations assez nettes indiquent que les races isolées en France sont légèrement différentes de celles originaires d'Amérique du Nord, qui ont été utilisées par STAKMAN pour l'établissement de la clef de détermination des races physiologiques. De telles différences de détail ont déjà été signalées par de URRIES en Espagne, et par les auteurs allemands ; elles peuvent caractériser une individualisation de la population de races européennes par rapport à celle de l'Amérique du Nord.

Les blés durs de la série d'hôtes différentiels sont sensibles à la plupart des races rencontrées en France, la variété *Vernal* n'est sensible qu'à la race 40 et la variété *Khapli* résiste à tous les isolements.

2° Races exceptionnelles

En dehors des races communes une vingtaine de races constituant des exceptions ont été récoltées dans un ou deux cas au maximum. Une moitié de ces races a pu être identifiée, l'autre moitié était constituée par des échantillons qui ont produit sur la série complète d'hôtes différentiels des réactions qu'il a été impossible d'attribuer à des types déjà décrits. Ces différentes races sont classées dans les tableaux III et IV.

TABLEAU III

Races exceptionnelles identifiées

Provenance	Little Club	Marquis	Reliance	Kota	Arnautka	Mindum	Spelmar	Kubanka	Acmé	Einkorn	Vernal	Khapli	Race
Alpes-Maritimes	4	3	0	3	4	4	4	4	4	0	3	1	116
Aveyron	4	3	0	0	4	4	3^+	4	4	3	0	1	24
Morbihan	4	2^-	0	0	0;	0;	0;	4	4	3	4	1	69
Basses-Pyrénées	4	3	0	0	4^-	4^-	3^{++}	3^+	4	0;	0;	1	75
	4	3	0	0	3^+	3^+	3	3^+	3^+	1	0;	0;	75
Saône-et-Loire .	4	2	0	0;	0;	1^-	0;	3^+	4	0;	4	1	27
	4	0	3^+	0	4	3	4	4	4	3	0;	0;	10
	4	0	2	0	1	0;	4	4	1^+	3	0;	1	166
Sarthe	4	4	0	0	4	4	4	4	4	4	0;	1	24
Seine-et-Oise ..	4	1	3	0;	4	4	4	4	4	0;	1	1	95

Certaines de ces races identifiées exceptionnellement ont déjà été rencontrées dans des pays européens, les races 24 et 75 ont été isolées notamment au Portugal, en Espagne et en Allemagne. La race 27 a été signalée en Allemagne, en Pologne, et au Portugal, la race 10 en Espagne et la race 116 au Kenya.

Les races 69, 95 et 166 qui ne semblent pas avoir été signalées en Europe, n'ont été rencontrées qu'une seule fois sur notre territoire.

Dans l'ensemble, les variétés de *Triticum vulgare* ne sont pas très

sensibles à ces races qui s'attaquent plus particulièrement aux *T. durum*, aucune d'elles ne s'est montrée plus virulente que la race 40.

TABLEAU IV

Races exceptionnelles non identifiées

Provenance	Little club	Marquis	Reliance	Kota	Arnautka	Mindum	Spelmar	Kubanka	Acmé	Einkorn	Vernal	Khapli
Basses-Alpes	4	2	0	2	2	4	3	4	4	4	3	1
—	4	2	0	2	3^{+}	4	0;	4	4	1	0;	1
Alpes-Maritimes	4	2	0	4	0;	0;	3^{+}	3^{+}	4	3^{+}	0;	1
Haute-Garonne	4	2	0	0;	3	1^{-}	3	4	4	1	2	2^{+}
Isère	4	2	0	3^{+}	4	4	3	4	4	4	0	3
Landes	4	3^{-}	0	3^{+}	2	3^{++}	3^{+}	3^{+}	4	3^{+}	0;	1^{+}
Puy-de-Dôme	4	2^{+}	0	4	3^{+}	3^{+}	3	4	4	1	0;	1
Saône-et-Loire	4	2	3^{+}	0;	1^{+}	0;	0;	3^{++}	2	0;	0;	0;
—	4	0;	0	1	4	0;	4	4	4	1	1	1
Seine-et-Marne	4	2	0	0	0;	3^{+}	3+	3^{+}	3	4	0;	2^{-}

Aucune de ces races non identifiées ne correspond à celles décrites par de URRIES en Espagne et STRAIB en Allemagne. Leur virulence n'est pas très grande, surtout vis-à-vis des variétés *Marquis*, *Reliance* et *Kota*, les trois variétés qui représentent l'espèce *T. vulgare*.

En 1953, deux échantillons provenant des Basses-Pyrénées, n'ont produit sur les hôtes différentiels que des réactions nécrotiques ne permettant pas de les identifier.

L'ensemble des races exceptionnelles identifiées ou non, représente environ 7 p. 100 des prélèvements étudiés, proportion qu'on peut considérer comme très élevée et qui donne une idée de l'importance des foyers en ce qui concerne la spécialisation du *P. graminis*.

Dans de nombreux cas en effet, la notice accompagnant les échantillons de races exceptionnelles précisait que le prélèvement avait été effectué à proximité de buissons de *B. vulgaris*.

Deux communes du département de Saône-et-Loire où les foyers de rouille noire sont chaque année très développés, ont fourni 25 p. 100 du nombre total des races exceptionnelles.

La carte *n° 8* de la figure 3 montre que la plupart des échantillons de ces races ont été récoltés dans les régions montagneuses de France ou des peuplements de *B. vulgaris* vivent à l'état spontané : Alpes 25 p. 100, Pyrénées 20 p. 100, Massif-Central 10 p. 100, régions où la culture du blé est fort peu importante. L'ensemble des grandes régions à céréales de la France a fourni moins de 20 p. 100 des races exceptionnelles qui ne semblent pas de ce fait devoir être propagées par l'épidémie générale.

Restant localisées en foyers, ces races n'ont de chance de se disséminer sur de vastes étendues qu'à conditions que les blés cultivés soient résistants aux races communes et sensibles à une ou plusieurs de ces races par-

ticulières. Comme il a déjà été précisé les écidies qui donnent naissance à des races nouvelles arrivent en général trop tard à maturité dans les régions d'altitude pour constituer une menace pour les cultures de blés des plaines voisines, ce qui limite encore leurs possibilités de dissémination.

3° Races créées par passage sur l'hôte écidien

Le caractère hétérozygote des races communes qui se multiplient végétativement sous la forme urédospore a déjà été montré par les auteurs Nord-américains. Des races nouvelles peuvent être créées sur l'hôte écidien à la suite de croisements entre races ou ce qui vraisemblablement est plus fréquent à la suite d'autofécondations de races hétérozygotes.

La race 21, qui est la plus commune en France a été expérimentalement autofécondée sur le *B. vulgaris* dans le but d'analyser l'importance de son caractère hétérozygote. Deux échantillons différents du stade téleutospore de la race 21 ont été étudiés suivant la technique décrite précédemment.

Le premier échantillon a donné naissance à des écidies de 7 races différentes dont deux n'ont pas été identifiées, le second a produit 5 races parmi lesquelles, 3 seulement ont pu être déterminées d'après la clef de référence.

Parmi les isolements identifiés on trouve les races 17-40-21 et 14, qui font partie des races communes précédemment rapportées, la race 116 isolée une fois dans le département des Alpes-Maritimes, et les races 9 et 145 nouvelles, pour la France.

L'un des isolements indéterminés était très voisin de la race 133, les autres ont produit des pustules du type 4 sur les variétés *Reliance* et *Vernal*, ce fait assez fréquent avec des races issues de l'hôte écidien, n'a été observé au cours de l'examen des prélèvements qu'avec la race 40.

L'autofécondation de la race 21 est donc susceptible de produire des races très communes et des nouveautés parfois virulentes.

Il faut signaler enfin que deux échantillons de la race 14 et un échantillon de la race 19, ont été récoltés sur des feuilles d'épine-vinette dans le jardin phenologique du Centre de Recherches de Versailles.

Ces deux exemples illustrent l'importance du rôle que peut jouer l'hôte écidien du *P. graminis* dans la création de races nouvelles et expliquent la présence de races exceptionnelles dans les régions où il végète spontanément.

On peut supposer que la plupart des races communes sont également susceptibles d'être produites artificiellement sur l'épine-vinette comme c'est déjà le cas pour les races 21-17-14-133-19 et 40.

VI. — RÉPARTITION ET ÉVOLUTION DES RACES PHYSIOLOGIQUES EN FRANCE

Le nombres des échantillons de rouille noire reçus en trois ans des différents départements français est assez important pour permettre une étude de la fréquence relative et de la localisation des principales races physiologiques identifiées. Il n'y a pas eu de grandes modifications de la fréquence relative des races communes, il est vrai que si l'on considère les résultats obtenus dans d'autres pays, il faut s'attendre à une variation lente dont on ne saurait préciser le sens après trois années d'étude.

La localisation des races dans les différentes régions de France n'est pas très marquée, elle semble pourtant exister pour certaines d'entre elles.

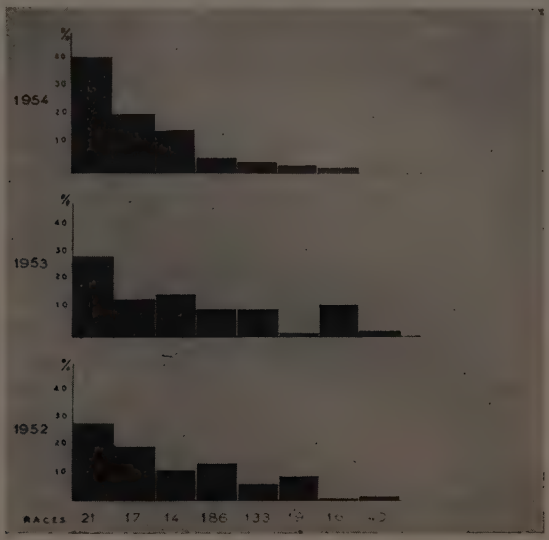


FIG. 2. — Fréquence relative des principales races du *P. graminis tritici* au cours des années 1952-1953 et 1954.

1° Fréquence des races communes

La figure 2 représente schématiquement la fréquence relative de chacune des races, exprimée pour chaque année par le pourcentage des isolements par rapport au nombre total des échantillons reçus, elle rend compte des modifications dans la fréquence en fonction du temps.

La race 21 est très répandue en France et a représenté en 1952 et 1953, 29 p. 100 du nombre total des isolements ; en 1954, elle a été isolée de près de la moitié des échantillons reçus. Par ordre d'importance, viennent ensuite les races 17 et 14 dont la fréquence n'a jamais atteint

plus de 20 p. 100 des échantillons examinés, puis la race 186 dont le nombre a constamment diminué de 1952 à 1954 passant de 13 p. 100 à 5 p. 110. La race 133 isolée assez communément en 1952 et 1953 s'est raréfiée en 1954. La race 19 a surtout été commune en 1952, la race 16 inconnue en 1952, a soudain été isolée dans 12 p. 100 des cas en 1953, puis dans un cas seulement en 1954. Enfin la race 40 est la moins fréquente de toutes les races connues en France, il a été impossible d'en isoler un seul spécimen en 1954.

Le nombre des races exceptionnelles identifiées ou non est resté à peu près invariable en fonction du temps.

D'après ces premiers résultats il semble que la question des races physiologiques du *P. graminis* en France soit relativement très simple puisque tant par leur nombre que par leur évolution en fonction du temps les races communes constituent un matériel dont la stabilité est d'un grand intérêt.

2° Localisation des races physiologiques

S'il n'existe pas réellement une localisation étroite des races dans une région particulière de France, on peut noter des variations dans leur répartition, lorsque l'on parcourt la France du Sud vers le Nord.

En examinant les cartes de la figure 3 sur lesquelles chaque point représente la localité où une race a été récoltée, on peut se faire une idée générale de la répartition des principales races françaises.

On peut pour rendre mieux compte des faits, diviser arbitrairement la France en deux parties sensiblement égales, d'abord par une ligne Ouest-Est allant de la Rochelle à Genève, ensuite par une ligne Nord-Sud passant par Paris. Ces deux divisions permettent de se rendre compte de l'homogénéité de la répartition des différents isolements. En effet dans le premier cas, on peut dénombrer 160 isolements dans la partie Sud et 152 dans la partie Nord, dans le second 161 dans la partie Est, et 151 dans la partie Ouest.

On peut ensuite calculer la proportion de chaque race à l'intérieur de ces zones arbitraires. Les différences observées ne seront pas dûes à une inégalité du nombre des échantillons examinés dans chaque zone, puisqu'il est à peu près constant.

L'importance de chaque race exprimée en p. 100 du nombre total d'isolements par groupe géographique est représentée dans le tableau V.

Il existe fort peu de différences entre les groupes ouest et est ce qui paraît tout à fait normal étant donné le déplacement Sud-Nord des épidémies de rouille noire. Les chiffres contenus dans le tableau V, confirment par contre l'impression générale que l'on a en examinant les cartes de

répartitions (fig. 3) d'une localisation dans le sens Sud-Nord de certaines races.

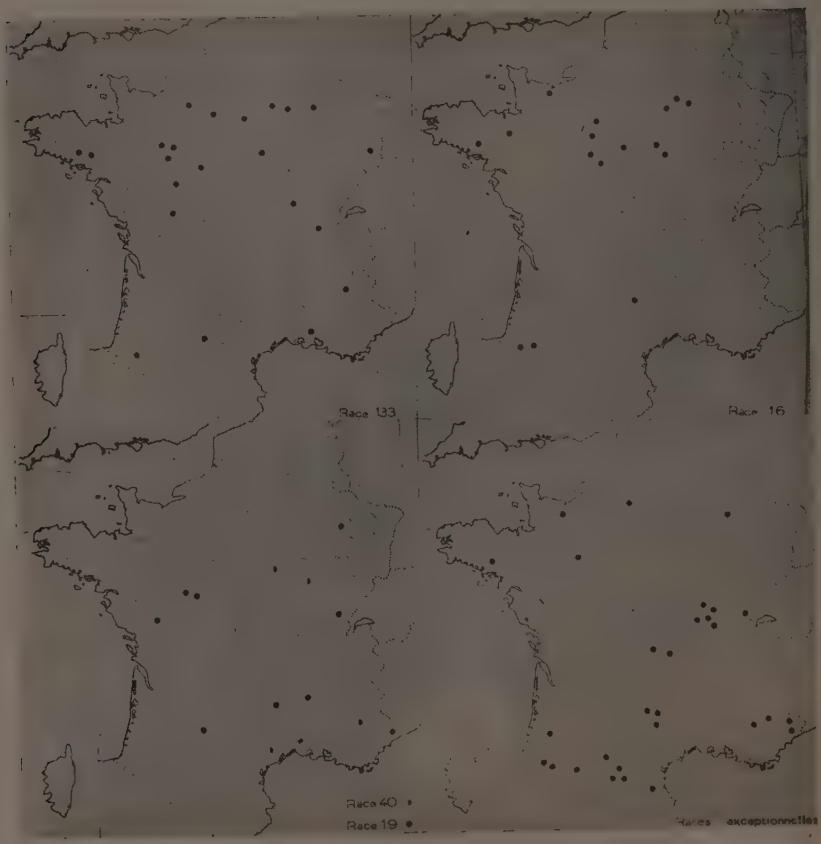


FIG. 3.

TABLEAU V

Pourcentage des races à l'intérieur des quatre zones géographiques arbitrairement constituées en France

Zones	Races							Except.
	14	16	17	19	21	133	186	
Est	13	4	19	3	30	7	7	10
Ouest	17	6	14	2,5	34	8	10	8
Sud	20	2	20	3	28	2	9	15
Nord	10	8	13	2,5	36	13	8	3

Les races 14 et 17 sont assez nettement méridionales, la race 14 étant isolée plus fréquemment dans le Sud-Ouest, tandis que la race 17 est plus particulièrement Sud-Est.

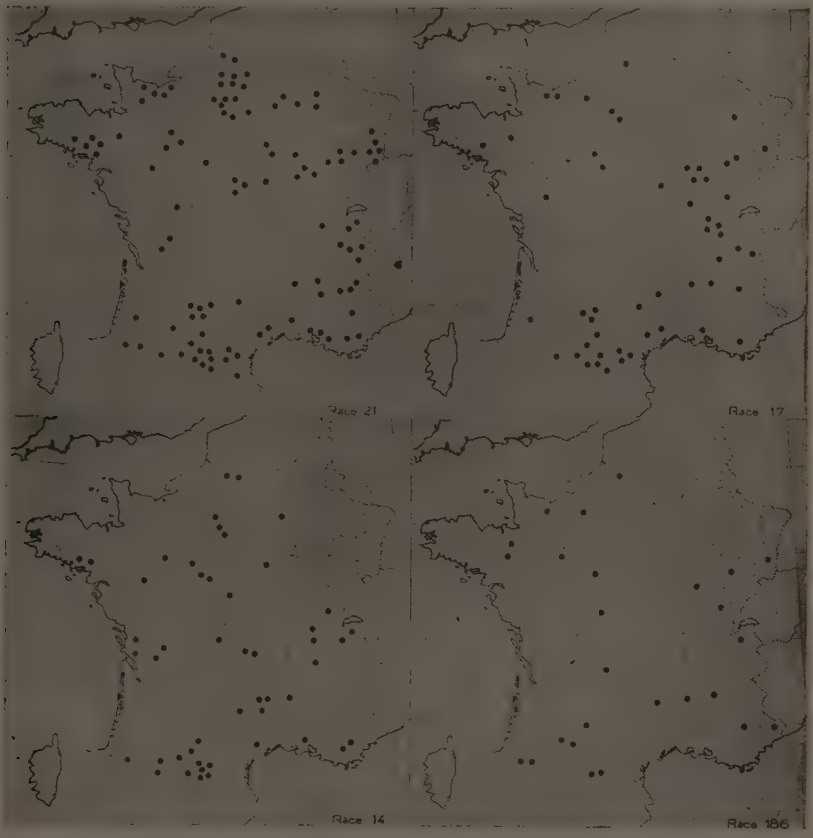


FIG. 3. — Répartition des principales races du *P. graminis tritici* sur le territoire français. Chaque point représente un isolement.

Les races 133 et 16 sont au contraire septentrionales ; puisqu'au Sud de la Loire on en a récolté que 4 ou 5 échantillons.

Les races 186, 19 et 21, semblent assez également réparties sur le territoire français, toutefois la race 21 a été prélevée un peu plus fréquemment dans le Nord que dans le Sud, la race 186 un peu plus souvent dans l'Ouest que dans l'Est.

Le nombre des échantillons de la race 40 est trop faible pour qu'on puisse en tenir compte dans le tableau V.

C'est dans le zone Sud de la France qu'ont été récoltées la plus grande

partie des races exceptionnelles, ces races ne sont pas d'ailleurs propagées par l'épidémie générale, mais issues de foyers particuliers, dont la localisation a déjà été précisée dans un précédent chapitre.

Il est difficile d'expliquer l'inégale répartition de certaines races parmi les plus communes, telles les races 14, 17, 16 et 133.

Les facteurs qui sont susceptibles d'entraîner une localisation des races, n'ont pas été étudiés, mais cependant il ne semble pas qu'ils soient en rapport avec des différences de sensibilité des principales variétés de blés cultivées en France.

VII. — LES RACES PHYSIOLOGIQUES ET LES VARIÉTÉS DE BLÉ CULTIVÉES EN FRANCE

Étant donné le grand nombre de variétés de blé cultivées en France, il est pratiquement impossible de donner une idée précise de la réaction de chacune d'elles vis-à-vis des races physiologiques communes. Les races 21 et 17 ont été isolées sur la plupart de ces variétés sans qu'il soit possible de distinguer une quelconque différence dans leur sensibilité.

La variété *Etoile de Choisy* paraît douée d'une moindre sensibilité pratique, puisqu'elle n'a fourni que 4 prélèvements ; bien qu'elle soit grandement cultivée dans le Sud de la France. Sa précocité n'explique pas complètement ce fait car la variété *Florence Aurore* relativement moins cultivée et de précocité équivalente a donné un plus grand nombre d'échantillons.

L'importance de la résistance pratique que l'on reconnaît aux variétés *Blé des Dômes* et *Magdalena* ne peut pas être précisée par les éléments de l'enquête, puisqu'un seul échantillon a été récolté sur la première et aucun sur la seconde.

La variété *Vilmorin 23* a fourni 17 échantillons dont un seul de la race 17 et 6 des races 16 et 133 ce qui n'indique pas vraisemblablement une localisation variétale de ces races, mais confirme leur répartition géographique puisque *Vilmorin 23* est presque exclusivement cultivée dans l'Ouest de la France.

Les variétés cultivées n'interviennent pas dans la répartition des races parce que la plupart d'entre elles sont sensibles aux races les moins virulentes de la rouille noire, elles ne peuvent donc jouer qu'un rôle limité dans la sélection naturelle des races.

Le comportement des géniteurs utilisés par la Station d'Amélioration des Plantes de Versailles vis-à-vis des principales races identifiées en 1954 a été étudié en serre.

La technique d'identification des races physiologiques a été utilisée pour ce travail particulier en remplaçant les hôtes différentiels par les

10 variétés choisies pour être testées. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau VI.

La race 40 n'a pas été utilisée puisqu'elle n'a pas été identifiée en 1954, mais on sait grâce à un essai antérieur qu'elle attaque l'hybride (80-3), (1) qui jusqu'ici a été largement employé dans les croisements.

La race 40 pose donc actuellement un problème dans l'éventualité de l'utilisation en grande culture de blés créés à partir du 80-3. Ce problème serait évidemment résolu si la fréquence relative de la race 40 ne devait pas se modifier au cours des années à venir, il est vrai que la culture de blés issus du 80-3 pourrait être une des causes de cette modification éventuelle.

Comme l'indique le tableau VI, la plupart des géniteurs utilisables en France, se sont montrés résistants à l'ensemble des races physiologiques qui ont été les plus communes au cours des épidémies des trois dernières années.

Ces races constituent par rapport à cette seconde série d'hôtes différentiels trois groupes qui se distinguent à l'aide des variétés *Petirojo* et *Exchange*, le premier comprend les races 21-17-14-27, le second les races 19 et 133 et le dernier la race 186. Si l'on excepte les variétés *Petirojo* et *Exchange*, il n'existe plus aucune différence entre les 3 précédents groupes de races et tout se passe comme s'il n'y avait en France que deux races, la race 40 et une seconde comprenant 7 races précédemment identifiées par la méthode de STAKMAN et qui du point de vue pratique ne peuvent être distinguées en utilisant comme hôtes différentiels les géniteurs de résistance du *P. graminis*.

Théoriquement il peut exister un grand nombre de combinaisons d'hôtes différentielles permettant de distinguer à l'intérieur d'une population du *P. graminis*, un certain nombre de races, puisque la notion de race physiologique est arbitrairement fonction du choix de ces hôtes.

La série d'hôtes différentiels proposée par les auteurs américains est parfaitement cohérente et permet puisqu'elle est utilisée à l'échelle mondiale, une comparaison des résultats obtenus dans différents pays. Elle offre moins d'intérêt du point de vue pratique, la distinction entre les races 21-17-14 par exemple n'a pas une importance capitale en ce qui concerne la création de variétés de blé résistantes à la rouille. noire

L'étude de la spécialisation du *P. graminis* par rapport aux géniteurs choisis pour les croisements, simplifie la notion de race et facilite le travail de sélection en réduisant à un minimum pratique le matériel de travail.

(1) 80-3 — (*Martin* X K3) X Hohenheimer 77) 5-2-1 × Oro.
D'après GUYOT et MASSENOT le comportement de 9 de ces variétés vis-à-vis de la race 40 est le suivant :
Très sensibles : (80-3), Petirojo, Exchange, Magdalena.
Peu sensibles : Kenya, Mac Murrachy.
Très résistantes : Newthatch, Timstein.
Immune : Thatcher.

TABLEAU VII

Réaction de quelques variétés de blé utilisables en France pour l'amélioration de la résistance au P. graminis

Variétés	Races						
	14	17	19	21	27	133	186
80-3	o	■	o	o	o	o	o
Mac Murrachy	1	2⁻	1	o;	o	o	o
Kenya	o;	■;	o;	o;	o;	1	1
Newthatch	o	o	o	o	o	o	o
Thatcher	o	o	o	o	o	o	o
Selkirk	1	o;	o	o;	o;	o	o
Timstein	o;	■;	o	1	o;	o	o;
Petirrjo	4	3⁺	o	4	3	o	o;
Exchange	3⁺	3⁺	3	4	3	3	■;
Magdalena	4	3⁺	3	4	4	3⁺	4

VIII. — RELATIONS ENTRE LES RACES FRANÇAISES ET CELLES DU BASSIN MÉDITERRANÉEN

Les principales races du *P. graminis tritici* isolées en France ont déjà été signalées dans les pays entourant le bassin méditerranéen et dans divers pays d'Europe. Ces races appartiennent vraisemblablement à un même groupe géographique comme on peut s'en rendre compte en confrontant les résultats obtenus hors de nos frontières (fig. 4).

Par ordre d'importance les principales races signalées dans les pays voisins du bassin méditerranéen sont les suivantes : 40 (12 pays) puis 21 et 17 (9 pays), 14 (8 pays), 24 (6 pays), 34 (5 pays) et 133 et 186 (3 pays).

La race 40 non isolée en Afrique est surtout répandue en Europe, en Espagne comme en France elle n'est pas très fréquente.

La race 21 connue au Kenya et dans le Moyen-Orient n'a pas été signalée, en Italie tandis qu'elle devenait à la fin de l'année 1952, la race la plus fréquemment isolée en Espagne. Les races 17 et 14 sont également assez répandues dans toute la zone étudiée alors que les races 16-133 et 186 paraissent localisées à l'Ouest Européen. La race 19 a été signalée en Espagne et en Egypte.

La race 24 commune dans le groupe géographique considéré n'a été isolée que deux fois en France, la race 34 connue dans 5 pays différents n'a jamais été récoltée dans notre pays.

Parmi les races exceptionnellement identifiées en France seules les races 27, 75 et 116 ont été signalées hors de nos frontière ; la race 75 en Espagne et en Allemagne, la race 27 en Allemagne, en Pologne et au Portugal, la race 116 au Kenya.

Un certain nombre de races isolées dans d'autres pays n'ont jamais été rencontrées dans notre expérimentation des trois dernières années, telle la race 15 signalée cependant en France par L. GUYOT et ses collabo-

rateurs. On peut considérer comme nouvelles pour l'Europe les races 69, 95 et 166 ; leur importance est très réduite actuellement étant donné leur rareté.

Il n'existe donc pas malgré quelques différences de détail une spécialisation physiologique du *P. graminis* qui soit propre à la France. Les races isolées dans notre pays sont connues dans une vaste zone géographique comprenant les pays du bassin méditerranéen et les pays européens qui connaissent chaque année une épidémie de rouille noire.

FIG. 4. — Répartition des principales races du *P. graminis tritici* en Europe et dans le Bassin méditerranéen.

Les principales races présentes dans cette zone sont notablement différentes de celles qui ont été décrites dans les zones de l'Amérique du Nord ou de l'Amérique du Sud.

Il paraît donc exister dans le monde plusieurs populations différentes du *P. graminis*, les caractéristiques de celle qui nous intéresse sont connues grâce aux travaux effectués dans les pays du bassin méditerranéen. Ces caractéristiques permettent d'envisager la mise au point des méthodes de lutte contre la rouille noire et montrent l'intérêt qu'il y a à confronter les résultats obtenus dans tous les pays intéressés lorsque l'on étudie une maladie du type épidémique à dissémination rapide.

IX. — CONCLUSIONS

Les travaux entrepris à la Station Centrale de Pathologie Végétale de Versailles dans le but de contribuer à la création de variétés résistantes

à la rouille noire du Blé par une connaissance détaillée du parasite et de sa spécialisation en France ont abouti après trois années d'expérimentation aux résultats exposés dans la présente publication.

L'évolution annuelle des épidémies de rouille noire a été suivie dans ses particularités en rapport avec la situation du territoire français.

Le nombre et la fréquence relative des races physiologiques du *P. graminis tritici* ont été étudiés suivant la méthode mise au point par STAKMAN et ses collaborateurs. La localisation des races et les rapports entre les races et les variétées de blés cultivées ou utilisées dans l'amélioration de la résistance à la maladie ont été précisés.

Les épidémies annuelles apportent en France un nombre relativement réduit de races d'une virulence moyenne si l'on excepte la race 40. Ce matériel n'a pas subi d'importantes variations au cours des trois années d'expérimentation en raison sans doute du fait que toutes les variétés de blé cultivées en France sont sensibles à la rouille noire. Quelques foyers de maladies se créent tous les ans en relation avec la présence de l'hôte écidien, fort heureusement ils restent localisés car ils sont souvent constitués par des races nouvelles ou peu fréquentes qui pourraient éventuellement constituer un danger.

La dissémination rapide de la rouille noire explique pourquoi les races les plus communes sont fort peu localisées. Ces races sont des clones qui se multiplient végétativement au stade urédospores et dont la source se trouve vraisemblablement fort éloignée de notre pays où le *P. graminis* hiverne normalement.

Elles sont communes à la plupart des pays situés sur les rives de la mer Méditerranée et aux pays de l'Europe centrale.

Il existe donc une population de races physiologiques qui se répartit chaque année sur la vaste zone occupée par ces divers territoires et qu'on peut considérer comme un ensemble. Cette population est différente de celles qu'on rencontre dans d'autres groupes géographiques du globe. Les conclusions concernant l'évolution et l'épidémiologie de la rouille noire que l'on pourrait tirer de l'étude de ces groupes et de celui qui nous intéresse plus particulièrement seraient trop spéculatives pour ne pas être hasardeuses.

Il est cependant fort clair que le problème de la rouille noire, n'est pas un problème local et qu'il nécessite une étude d'ensemble ou tout au moins une confrontation des résultats acquis dans les différents pays intéressés par le même groupe de races physiologiques. Il ne peut être résolu définitivement que sur le plan local en ce qui concerne la création de variétés résistantes adaptées à leur zone de culture.

Reçu pour publication le 25 juillet 1955.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABDEL HAK (T.). — Physiological races of wheat stem rust in Egypt. *Nature*, nº 4383, p. 802, 1953.

GRAIGIE (J. H.). — Epidemiology of Stem rust in Western Canada, *Scient. Agric.*, **25,** p. 285, 1945.

FLETCHER (D. G.), LAMBERT (E. B.). The origin and extent of a regional spore shower of wheat stem rust, *Phytopath.*, **43,** p. 471, 1953.

GUYOT (A. L.), MASSENOT (M.). — Observations et expérimentations sur la rouille noire des céréales au cours des années 1948 à 1950. *Ann. I.N.R.A., série A*, **3,** 507, 1952.

GUYOT (A. L.), MASSENOT (M.). — Dix ans d'expérimentation sur la rouille noire des céréales (1941-1950). *Annales de l'I.N.R.A., série*, **3**, 3, 351, 1952.

GUYOT (A. L.), MASSENOT (M.). — A propos de la race 40 de *Pucciniagraminis tritici C. R. Acad. Agric.*, XXXIX, **10,** p. 499, 1953.

HASSEBRAUK (K.). — Untersuchungen über dir biologische Spezialisierung von Puccinia graminis tritici in Deutschland und Südeurope. *Arb. Biolg. Anst.*, XXII.

JOHNSON (T.). — Spécialisation, hybridization and mutation in the cereal rusts. *Bot. Rev.*, p. 337, nº XII, 1946.

NEWTON (M.), JOHNSON (T.), BROWN (A.M.). — A preliminary study on the hybridization of physiologic forms of Puccinia graminis tritici. *Scient. Agr.*, **10,** p. 21, 1930.

NEWTON (M.), JOHNSON (T.). — Specialization and hybridization of wheat stem rust Puccinia graminis tritici, in Canada. *Dominion of Canada, Dept. of Agr.*, Bulletin nº 160, 1932.

SIBILIA (C.). — La razze fisiologiche di Puccinia graminis tritici in Italia ed in Europa. *Boll. Della Staz. Pat. Veg. di ROMA* anno XI, p. 159, 1953.

STAKMAN (E. C.). — Relation of Barbery to the origin and persistence of physiologic forms of Puccinia graminis. *Journ. Agric. Res.*, XL, VIII, 1934.

STAKMAN (E. C.), LEVINE (M. N.), LŒGEEING (W. Q.). — Identification of physiologic races of Puccinia graminis tritici. — *U. S. Dept. Agr. Bur. Ent. Plant. Quar* E-617, 1944.

STAKMAN (E. C.), etc... — Population trends of physiologic races of. Puccinia graminis tritici in the United States for the period 1930-1941. — *Phytopathology*, **33,** 884-898, 1943.

DE URRIES (M. J.), CANAMAS (R.). — Razas fisiologicas de Puccinia graminis tritici y Puccinia rubigo vera tritici en Espâna en el periodo 1950-52. *Bol. nº 27 del Inst. Nac. Invest Agron.*, 1952.

DE URRIES (M. J.), SALAZAR (J.). — La especialization fisiologica de Puccinia graminis tritici y Puccinia rubigo vera tritici en Espâna en 1952-1953. *B. Inst. Nac. Invest. Agron.*, XIII, **29,** p. 423-1953.

VALLEGA (J.). — Espacialization fisiologica de Puccinia graminis tritici en Argentine, Chile y Uruguay, *Rev. Arg. Agric.*, **6,** p. 196.

XXX... — Report on the Meet, *Exp. Scient. Probl. Cereal Rusts Nicosia Unesco T. N.*, nº 408.

X... — Report of the International Wheat Stem Rust Conference. *U. S. Dept. Agr. Plant Ind. Sta. Belstville* 277 cc 1953.

NOTE SUR LA BIOLOGIE DU PSYLLE DE L'AUBÉPINE (Psylla peregrina FOERSTER)

PAR

J. MISSONNIER

Station centrale de Zoologie agricole, Versailles.

PLAN DU MÉMOIRE

Position systématique et biologie.

Étude de la diapause imaginale.

Évolution morphologique des adultes.
Évolution des gonades.
Action de la durée d'éclairement sur la diapause.

Évolution des œufs pendant l'hiver.

Conclusion.

I. — POSITION SYSTÉMATIQUE ET BIOLOGIE

Plusieurs espèces de Psylles sont inféodées aux *Crataegus*. Ce sont *Psylla peregrina* FOERSTER, *P. crataegi* SCHRANK et *P. melanoneura* FOERSTER.

P. crataegi SCHRANK 1801 constitue le type de l'un des groupes de Psylles donnés par SCHAEFER (1949). Il est trouvé sur *Crataegus* du 15 mars au mois de juillet, sur *Quercus* de juillet à novembre (SCHAEFER).

P. melanoneura FOERSTER 1848, du groupe de *P. pyrisuga* FOERSTER 1848, se développe sur *Crataegus* du mois de mars au mois de juillet ; des adultes ont été capturés du mois d'août au mois de mai sur divers conifères. Sa biologie, comme celle de *P. pyrisuga*, n'est pas connue avec certitude.

Dans cette note, nous ne parlerons que de *P. peregrina* FOERSTER 1848 (P. crataegicola FLOR) qui appartient au groupe de *P. mali* SCHMIDBERGER 1836, en même temps que *P. sorbi* EDWARDS 1918 et *P. ulmi* FOERSTER 1848.

Certains auteurs considèrent que ces quatre Psylles appartiennent à la même espèce (*Psylla mali*), malgré quelques petites différences mor-

phologiques et une adaptation spécifique à l'hôte (Pommier, Sorbier, Orme et Aubépine) : c'est le cas de LAL (1934). Au contraire, SCHAEFER (1949), OSSIANNILSON (1948), etc., en font quatre espèces différentes. Nous nous rangeons à cette dernière solution basée sur des faits biologiques : la spécificité de l'hôte, l'impossibilité des croisements et les différences très importantes notées dans le parasitisme. Comme certains auteurs, nous avons constaté que *P. peregrina* est l'espèce la plus parasitée par *Prionomitus mitratus* DALM. (*Encyrtidae*) ; *Psylla mali* ne l'est pas, bien que les pommiers et les aubépines en observation soient très voisins. De plus, à Versailles, il y a un décalage très net de l'évolution des œufs au cours de l'hiver, décalage d'ailleurs en rapport avec celui qui existe entre les plantes hôtes : les œufs du Psylle de l'Aubépine reprennent leur développement dès le milieu du mois de décembre et éclosent vers le 20 mars, ceux du Psylle du Pommier n'ont pas achevé leur diapause le 10 février.

P. peregrina ne présente qu'une seule génération par an. Les œufs hivernent ; ils sont pondus sur les jeunes rameaux, dans les plis de l'écorce, à l'aisselle des bourgeons, des épines, etc. Ils éclosent au moment où les bourgeons se gonflent et commencent à éclater, c'est-à-dire entre le 20 et 30 mars. Les larves néonates se glissent sous les écailles et se groupent sur les jeunes tissus foliaires tendres ; elles se dispersent à partir du 4e âge : on les trouve isolément sur les feuilles , les pétioles et les pédoncules floraux. Les larves sont très fragiles : les jeunes âges ne paraissent pouvoir vivre que sur des variétés d'Aubépine à peu près glabres et sur des tissus végétaux en voie de croissance. Pendant tout leur développement, elles gardent une couleur vert clair très voisine de celle du substrat et sécrètent une cire blanche peu abondante. La mue imaginale s'effectue sur les feuilles ; les premiers adultes apparaissent entre le 10 et le 15 mai, au moment de la pleine floraison de *Crataegus oxyacantha* dans la région parisienne. Ils n'abandonnent pas les Aubépines sur lesquelles ils se sont développés ; ils commencent à pondre vers le 20 août et les derniers d'entre eux meurent à la fin du mois d'octobre.

Le parasitisme larvaire est assez important ; au mois de mai, plus de 50 p. 100 des larves en fin de développement peuvent être détruites par un Chalcidien Encyrtidae : *Prionomitus mitratus* DALM. Dans la région parisienne, il n'a jamais été trouvé d'autres parasites larvaires. Tous les Psylles morts ont laissé échapper les Chalcidiens adultes au cours du mois de juin. *Prionomitus mitratus* est également parasite de *Psylla pyrisuga* qui ne présente qu'une seule génération par an, au printemps et de *P. pyri*. Les *Prionomitus mitratus* issus de *P. peregrina* et de *P. pyrisuga* doivent donc trouver des hôtes de remplacement : *P. pyri* pourrait jouer ce rôle puisqu'il présente plusieurs générations annuelles. Effectivement nous avons récolté à la fin du mois de juin des

larves de *P. pyri* qui sont mortes après leur ramassage et ont laissé échapper des *Prionomitus* adultes au cours des mois de juillet et d'août. On admet en général que *Prionomitus* hiverne à l'état adulte : nous ne l'avons jamais récolté au printemps, à partir de larves de *P. pyri* mortes à l'automne. La deuxième génération de *Prionomitus* présente un hyperparasitisme intense dû à des Pachyneuron (*Chalcidoidea-Pteromalidae*) et des *Lygocerus* (*Calliceratidae*). Il nous faut signaler qu'il existe des différences morphologiques entre les Prionomitus issus des divers hôtes ; ces différences nous ont été indiquées par M. Charles FERRIÈRE qui a bien voulu déterminer les parasites que nous lui avons envoyés ; nous le remercions vivement de son obligeance.

Durant l'été, les Psylles adultes peuvent être attaqués par une Cécidomyie du genre *Endopsylla* : il en a été trouvé quelques exemplaires dans la région de Versailles, à la fin du mois d'août.

II. — ÉTUDE DE LA DIAPAUSE IMAGINALE

Entre le moment où s'effectue la mue imaginale et celui où la ponte commence, il s'écoule deux mois et demi à trois mois. Au cours de cette période les Psylles présentent une évolution morphologique importante, liée à l'évolution des gonades.

1° Évolution morphologique des adultes

Peu après la mue imaginale, les adultes sont de couleur vert clair. A l'extérieur, à partir du 15 juillet, il se produit une lente évolution qui s'achève à la fin du mois de septembre. A ce moment-là, les mâles ont l'aspect suivant : leur coloration d'ensemble est rouge vif et noir. Les cônes jugaux sont jaune cireux, de même couleur que le front qui peut aussi être orangé clair ; les antennes sont jaune-clair sauf le dernier article qui est noirâtre ; les yeux sont jaunes avec une tache rougeâtre qui s'étend peu à peu sur toute leur surface. Le thorax, d'abord orangé clair, devient franchement brun foncé et même noir ; la teinte est un peu plus claire sur les côtés qui sont rougeâtres ; le dessus est jaunâtre, parfois gris. Les pattes sont jaune-clair, sauf les fémurs postérieurs qui deviennent gris-noirâtres. Les ailes sont translucides avec des nervures jaunes. Tous les sclérites abdominaux sont noirs et les membranes intersegmentaires rouges. L'armature génitale (forceps et cône anal) reste jaune. Les changements de couleur commencent toujours par le dessus du thorax ; ils s'étendent ensuite à sa partie inférieure ; ils intéressent enfin l'abdomen en commençant aussi par les tergites.

Les femelles, quand leur couleur a totalement évolué, ont le même aspect général que les mâles, mais la transformation est plus tardive.

2° Évolution des gonades

Les appareils génitaux mâles et femelles sont identiques à ceux de *Psylla pyri*. (L. BONNEMAISON et J. MISSONNIER 1955).

A) **Appareil génital mâle.** — L'appareil génital mâle (fig. 1) comprend deux testicules, eux-mêmes formés de deux follicules en forme de cône, reliés à leur base par un tube latéral d'où part le conduit séminal ; les cellules sexuelles primordiales sont situées à la pointe et les cystes forment des sortes de disques de diamètre croissant, empilés les uns sur les autres. Chez les jeunes mâles, la réduction chromatique ne s'effectue que dans les derniers cystes, à la partie la plus renflée du follicule.

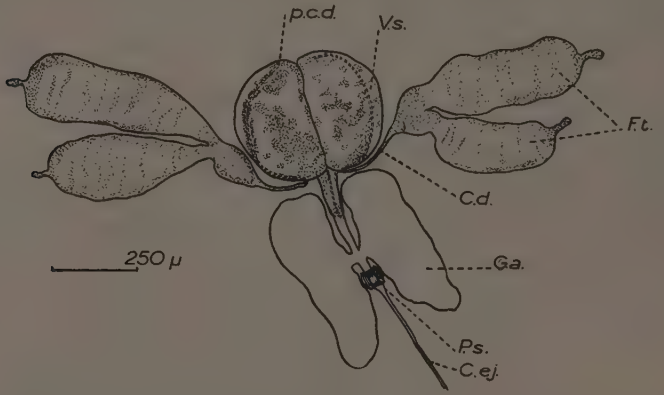


FIG. 1. — Appareil génital d'un mâle de *P. peregrina*, le 15 octobre.
C. d. : Canal déférent. — C. ej. : Canal éjaculateur. — F. t. : Follicules testiculaires. — G. a. : Glande accessoire. — P. c. d. : partie terminale du canal déférent. — P. s. : Pompe spermatique. — V. s. : Vésicule séminale.

Au cours du printemps et de l'été, le nombre des cystes augmente peu à peu ; la longueur des follicules croît et parallèlement la réduction chromatique se fait dans les cystes de plus en plus éloignés de la base du testicule. Chaque follicule prend alors l'aspect d'un cylindre surmonté d'un cône ; la spermatogénèse se déroule dans la zone cylindrique. A la fin de l'évolution, les follicules sont absolument cylindriques, la réduction chromatique s'effectuant dès les premiers cystes ; un mince pédoncule apical figure la chambre initiale. Après l'expulsion des spermatozoïdes mûrs qui s'effectue tardivement, chaque follicule diminue de longueur puis finalement se présente comme un sac flasque dont seule l'extrémité apicale, renflée, contient quelques cystes en cours d'évolution.

La vésicule séminale, les glandes annexes paires et la pompe spermatique sont identiques à celles de *P. pyri*. La vésicule séminale des

TABLEAU I

Evolution des gonades mâles de Psylla peregrina

Dates de dissection	Longueurs en microns			Nombre de cystes par follicule. Position du cyste où s'effectue la réduction chromatique
	de la vésicule séminale	des glandes annexes	d'un follicule testiculaire	
18 mai	140 (1)	230	270	6 à 7 cystes. Pas de R. C.
21 juin	150 (1)	180	750	20 cystes. R. C. au 15-16e.
17 juillet	210 (1)	150	1.650	
	240 (1)	150	1.350	28 à 30 cystes. R. C. au 18e.
			1.400	
8 août	240	450	1.500	
	300	300	1.650	25 cystes. R. C. du 3e au 6e.
	300	450	1.800	
3 septembre	510	630	1.350	12 cystes. R. C. dès les premiers.
	580	600		2 » » » » » »
	390	450	1.200	8 » » » » » »
	450	750	1.500	9 « » » » » «
15 octobre	375	550	500	

(1) Dans ces cas, la vésicule séminale ne contenait pas encore de spermatozoïdes.

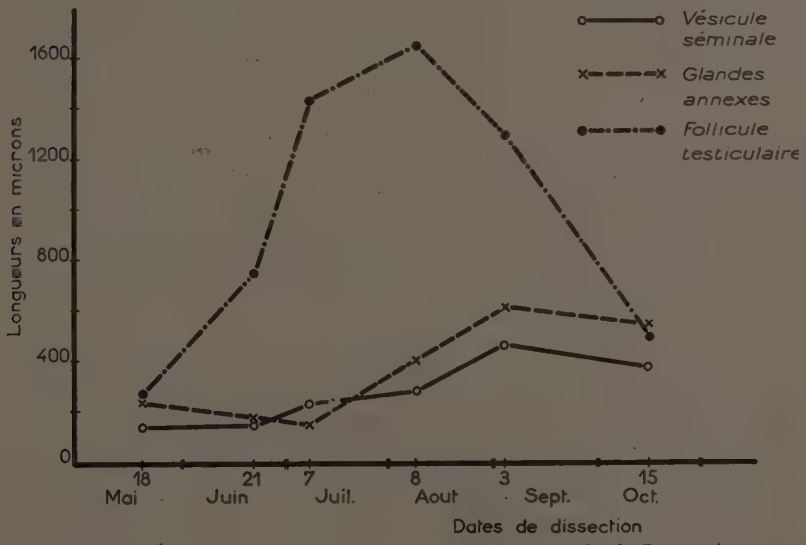


FIG. 2. — Évolution des différentes parties des gonades des mâles de *P. peregrina*.

Psylles pris à l'extérieur ne contient pas de spermatozoïdes avant la fin du mois de juin ou le début du mois de juillet.

L'évolution de ces différentes parties, étudiée au cours de l'année 1954, est donnée par le tableau I et la figure 2.

B) **Appareil génital femelle.** — Les organes génitaux sont exactement les mêmes que ceux de *P. Pyri*, et l'évolution est identique, à peu de choses près : les oviductes, à la fin de l'évolution des ovocytes, se chargent d'une matière blanche et prennent une allure irrégulière, avec des renflements de tailles diverses.

A la mue imaginale, les ovaires sont peu développés, le tissu adipeux est très abondant. Jusqu'au début du mois d'août, leur évolution est extrêmement lente : le 20 juin, ils se présentent comme de minuscules mûres translucides de 120 microns de diamètre. Le 20 juillet, le diamètre de chaque ovaire a doublé et quelques germarium commencent à blanchir, comme chez *P. pyri*. Tout au début du mois d'août, alors que les ovaires n'ont pas grossi davantage, tous les germarium sont blanchâtres. A cette date, la ponte ovulaire n'a eu lieu que chez quelques rares femelles, et il n'a été observé aucun cas de fécondation. Or à l'extérieur, les premiers œufs sont déposés aux environs du 20 août : la dernière phase de l'évolution est donc extrêmement rapide. Le changement de couleur des femelles ne commence qu'au moment où les premiers ovules arrivent à maturité.

Il y a un parallélisme assez important entre les formes d'hiver de *P. pyri* et le Psylle de l'Aubépine : la maturité sexuelle des mâles est atteinte bien avant celle des femelles ; cependant la fécondation ne s'effectue que tardivement.

3° Action de la durée d'éclairement sur la diapause

Des adultes ont été capturés à l'extérieur, à différentes dates échelonnées du 20 mai au 7 août. Ils ont été placés sur des rameaux d'Aubépine, dans un local dont la température était voisine de 18°. Ils ont

TABLEAU II

Action de la photopériode sur le déclenchement de la ponte de P. peregrina

Date de capture à l'extérieur	Durée de la photopériode journalière					
	8 heures		12 heures		16 heures	
	Date de ponte	Délai de ponte en laboratoire	Date	Délai	Date	Délai
21 mai	1er juillet	40 jours	12 juillet	52 jours	7 août	78 jours
23 juin	22 »	29 »	24 »	31 »	7 »	45 »
12 juillet	27 »	15 »	3 août	22 »	19 »	38 »
7 août	19 août	12 »	19 »	12 »	12 »	5 »

été soumis à 3 photopériodes journalières différentes : 8 h., 12 h., et 16 h. Les élevages ont été réalisés par Mlle MARNE, Agent technique à la Station Centrale de Zoologie ; nous la remercions vivement du soin qu'elle y a apporté.

Les dates de déclenchement de la ponte sont données par le tableau II et la figure 3.

Il apparaît très clairement que les photopériodes journalières courtes (8 h. et 12 h.), ont fortement avancé la date de ponte, mais que les photopériodes longues ne l'ont pas retardée par rapport à l'extérieur

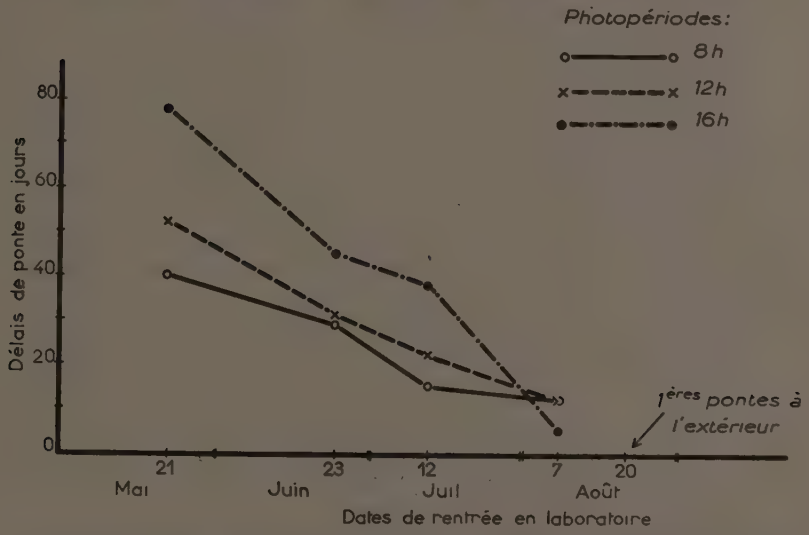


FIG. 3. — Temps nécessaire au déclenchement de la ponte en fonction de la durée du séjour à l'extérieur des adultes de *P. peregrina* : influence de la photopériode appliquée aux adultes après leur rentrée en laboratoire..

où la ponte a débuté vers le 20 août. Le phénomène est inverse de celui qui est observé pour *P. pyri*, dont la ponte hivernale est accélérée par des photopériodes courtes. Chez *P. peregrina*, les températures d'été ne permettent pas d'observer l'arrêt de développement qui se manifestait chez *P. Pyri* après cessation de l'état de diapause, à partir du début du mois de décembre.

Chez les mâles, les photopériodes courtes accélèrent également le développement de l'appareil génital ; en particulier, les lots exposés à 8 h. et à 16 h. d'éclairement journalier, présentent de grosses différences dans le degré d'évolution des testicules (dans la position des cystes dans lesquels se fait la réduction chromatique) et des glandes annexes. Les différences de colorations étaient sensibles entre les lots : au 8 août, les mâles et les femelles de tous les lots exposés à 16 heures de lumière

étaient verts, alors que dans les lots exposés à 8 h. et à 12 h. d'éclairement, la coloration avait fortement évolué.

Les difficultés d'élevage en laboratoire n'ont pas permis de mener à bien l'étude de l'action de la photopériode sur les larves. Nous avons seulement pu constater que des durées d'éclairement de 8 h., 12 h. ou 16 h., appliquées pendant la dernière semaine de la vie larvaire, n'influaient pas sur le développement des gonades des adultes soumis, après la mue imaginale, à une photopériode de 12 h. : au bout de 40 jours, les mâles et les femelles des différents lots avaient des organes génitaux très développés ; les premiers œufs étaient pondus à ce moment-là.

III. — ÉVOLUTION DES ŒUFS PENDANT L'HIVER

Après leur ponte, les œufs ne subissent aucun développement visible extérieurement. En laboratoire, nous en avons gardé pendant 4 mois, sans qu'aucun ne se développe ; par la suite, ils se sont tous desséchés sans éclore. A l'extérieur, aucune trace d'évolution de l'embryon n'apparaît avant le mois de janvier : à ce moment-là, il se produit un décollement du vitellus au niveau du pôle oral. Plus tard, il apparaît deux lignes dorsales à la partie antérieure de l'œuf et enfin les yeux deviennent visibles à travers le chorion, sous forme de deux taches rouges. Les premières éclosions ont lieu aux environs du 20 mars (en 1955) à un moment où les bourgeons des aubépines laissent poindre une petite partie verte. Durant tout le cours de l'hiver, des rameaux porteurs d'œufs ont été rentrés en laboratoire à intervalles réguliers, à une température de 18°. Les œufs rentrés au début du mois de décembre n'ont pas éclos : après 80 jours, ils n'avaient pas évolué et étaient morts. Au contraire, la presque totalité des œufs prélevés à l'extérieur à partir de la fin du mois de décembre ont éclos après un délai qui a diminué au cours des mois de janvier, février et mars. Les délais d'éclosion sont donnés dans le tableau III et la figure 4.

TABLEAU III

Délais d'éclosion à 18° des œufs de P. peregrina *prélevés à l'extérieur à différentes dates*

Date de rentrée au laboratoire	Date d'éclosion	Délais d'éclosions
10 décembre	Aucune éclosion après 80 jours	
30 »	20 janvier	21 jours
13 janvier	2 février	20 »
22 »	7 »	16 »
28 »	9 »	12 »
9 février	18 »	9 »
28 »	5 mars	5 »
20 mars	Début des éclosions à l'extérieur	

Ceci prouve que la diapause embryonnaire ne prend fin qu'au cours du mois de décembre ; elle est très fortement établie et nécessite une longue exposition aux rigoureuses conditions hivernales pour disparaître.

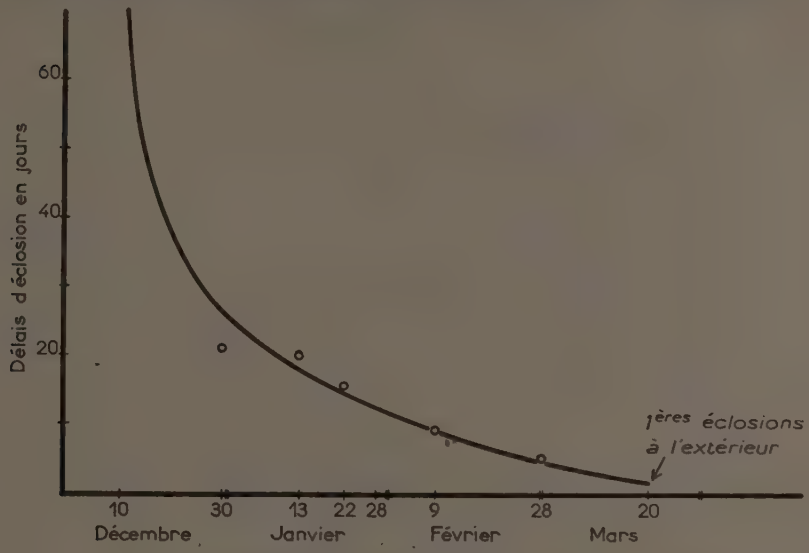


FIG. 4. — Temps nécessaire à l'éclosion des œufs de *P. peregrina* en fonction de leur date de rentrée en laboratoire.

CONCLUSION

Comme chez *P. pyri*, la diapause imaginale de *P. peregrina* est influencée par la photopériode journalière ; mais à l'inverse du Psylle du Poirier, ce sont ici les courtes durées d'éclairement qui la raccourcissent. Ceci est en rapport avec les différences biologiques des deux insectes, *P. pyri* présentant une diapause hivernale. L'œuf hivernant du Psylle de l'Aubépine ne peut se développer qu'après le milieu du mois de décembre, seulement s'il a été soumis aux conditions extérieures pendant 3 à 4 mois.

Reçu pour publication le 6 juillet 1955.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BONNEMAISON (L.). — Arrêts de développement et diapauses. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agro.* Série Épiphyties, XI, 1-56, 1945.

BONNEMAISON (L.). — Contribution à l'étude des facteurs provoquant l'apparition des formes ailées et sexuées chez les Aphidinae. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agro.* Série Épiphyties, **2**, 1-380, 1951.

BONNEMAISON (L.) et MISSONNIER (J.). — Morphologie, biologie et méthodes de lutte contre le Psylle du Poirier (*Psylla pyri* L.). *Ann. Inst. Nat. Rech. Agro.* Série Épiphyties, 263-33, 1956.

BONNEMAISON (L.) et MISSONNIER (J.). — Déterminisme des formes estivales et hivernales et de la diapause chez *Psylla pyri* L., *Ann. Inst. Nat. Rech. Agro.* Série Épiphyties, 457-528, 1955.

BRITTAIN (W. H.). — The apple Sucker (*Psyllia mali* SCHMIDB.). *J. Econ. Ent.*, **15,** 96-101, 1922.

BRITTAIN (W. H.). — The morphology and synonymy of *Psylla mali* SCHMIDB. *Proc. Acad. Ent. Soc.*, **8,** 23-51, 1922.

EDWARDS (J.). — *Psylla sorbi* L. in Britain. *Ent. Mont. Mag.*, **54,** 113-115, 1918.

LAL (K. B.). — *Psyllia peregrina* FOERST., The Hawthorn Race of the Apple Sucker, *P. mali* SCHMIDB. *Ann. App. Biol.*, **21,** 641-648, 1954.

LEES (A. D.). — Environmental factors controlling the evocation and determination of diapause in the fruit tree red spider mite, *Metatetranichus ulmi* KOCH. *Ann. App. Bio*, **40,** 449-486, 1953.

LEES (A. D.). — The significance of the light and dark phases in the photoperiodic control of diapause in *Metatetranychus ulmi* KOCH. *Ann. App. Bio.*, **40,** 487-497, 1953.

LEES (A. H.). — Some observations on the egg of *Psylla mali*. *Ann. App. Biol.*, **2,** 251-267, 1916.

OSSIANNILSOON (F.). — Äro gröna hagtornsbladloppan (*Psylla peregrina* FOERST.) ech rönnbladloppan (*Psylla sorbi* L. EDW.) endastraser av äppelbladloppan (*Psylla mali* SCHMIDB.)? *Medd. Växtskyddsanst.*, nº 51, 1948.

SCHAEFER (H. A.). — Beiträge zur Kenntnis der Psylliden der SCHWEIZ. *Mitt. Schw. Ent. Gesell.*, **22,** 1-96, 1949.

SCHAEFER (H. A.). — Biologische und ökologische Beobachtungen an Psylliden (*Hemiptera*) *Verh. Naturf. Ges.* Basel, **60,** 25-41, 1949.

SPEYER (W.). — Der Apfelblattsauger (*Psylla mali* SCHMIDB.). *Monogr. Pfl.*. nº 1. Springer, Berlin, 1 vol. 127 p., 1929.

SPEYER (W.). — Versuche zur Beeinflussung der Diapause der Eier des Appelblattsaugers (*Psylla mali* SCHMIDB.). *Z. Pfl. Krankh.*, **55,** 85-89, 1948.

N.-B. — Une bibliographie plus complète sur les Psylles et sur l'action du photopériodisme sur la diapause est donnée dans les deux publications de L. BONNEMAISON et J. MISSONNIER (*Ann. Inst. Nat. Rech. Agro.*, série Épiphyties, 1955 et 1956), consacrées au Psylle du Poirier, *Psylla pyri* L.

LE PSYLLE DU POIRIER (*PSYLLA PYRI* L.)

MORPHOLOGIE ET BIOLOGIE MÉTHODES DE LUTTE

PAR

L. BONNEMAISON et J. MISSONNIER

Station centrale de Zoologie agricole, Versailles

Introduction.

I. — Historique et position systématique.

II. — Morphologie des adultes et des larves.

A. Adultes.
B. Œufs et larves.

III. — Biologie.

A. Hivernation et ponte.
1° Activité des Psylles.
2° Croissance des gonades.
3° Ponte des formes hivernales.
4° Étude expérimentale de la ponte des formes hivernales.
B. Première génération.
1° Développement de l'œuf.
2° Développement larvaire.
3° Adulte.
C. Autres générations.
D. Hivernation.

IV. — Facteurs de pullulation et nature des dégâts.

A. Facteurs climatiques.
B. Ennemis naturels.
C. Nature et importance économique des dégâts.

V. — Méthodes de lutte.

A. Traitements d'hiver.
B. Traitements d'automne, de printemps et d'été.
C. Efficacité de nouveaux produits insecticides.
D. Conclusion.

VI. — Résumé et conclusions.

Bibliographie.

INTRODUCTION

Depuis une quinzaine d'années, les vergers de poiriers de l'Ile-de-France sont très fortement éprouvés par les attaques des Psylles ; bien que des traitements répétés aient été effectués par les propriétaires de ces

plantations, ces Insectes se sont multipliés à un tel degré (notamment en 1948) que plusieurs arboriculteurs envisageaient d'arracher leurs poiriers pour les remplacer par d'autres essences. Le groupement régional des producteurs de fruits de la région parisienne (G.R.A.F.) nous a demandé à l'automne 1948 d'étudier les moyens de lutte à appliquer contre ce redoutable ravageur. Nos recherches et les essais de traitement ont été faits en divers vergers de Seine-et-Oise et notamment chez M. COUDERC, à Plaisir (S.-et-O.), que nous sommes heureux de remercier ici pour les facilités de travail qu'il nous a procurées. Nous exprimons également toute notre gratitude à Mlle MARNE qui a réalisé avec le plus grand soin les élevages délicats des Psylles sous diverses conditions de milieu.

Plusieurs espèces de Psylles ont été observées sur le Poirier ; ce sont :

— *Psylla pyricola* FOERSTER 1848, (*Psylla pyri* CURTIS 1842, *Psylla simulans* FOERSTER 1848 (forme d'hiver de *P. pyricola*), *Psylla apiophila* FOERSTER 1848, *Psylla argyrostigma* (?) FOERSTER 1848, *Psylla notata* FLOR 1861, *Psylla pyrisuga* BARNARD 1879, *Psylla simulans* SLINGERLAND 1892), qui a été signalé dans les pays suivants : Suède, Angleterre, France, Suisse, Allemagne, Autriche, Hongrie, Roumanie, Turkestan méridional, U.R.S.S., Japon ainsi qu'au Canada et aux Etats-Unis (AULMANN 1913, CRAWFORD 1914, SCHAEFER 1949).

— *Psylla pyrisuga* FOERSTER 1848, (*Psylla* (*Chermes*) *pyri* SCHMIDBERGER 1827, *Psylla austriaca* FLOR 1861, *Psylla aurantiaca* GOURAUD 1862, *Psylla rutila* MEYER-DUER 1871, *Psylla rufitarsis* MEYER-DUER 1871). Cette espèce a été signalée en Suède, ainsi que dans toute l'Europe, la Transcaucasie, la Russie méridionale, les Hébrides et le Japon (AULMANN 1913, SCHAEFER 1949).

— *Psylla pyri* L. 1758 (*Chermes pyri* L. 1758, *Psylla apiopsylla* AMYOT 1847, *Psylla rubra* GOUR. 1862, *Psylla simulans* HAUPT 1935 nec. FOERSTER, *P. pyrarboris* SULC, (désignant la forme estivale de *P. pyri*).

Une autre espèce, *Psylla melanoneura* FOERSTER 1848, (*Psylla crataegi* FOERST. 1848, *Psylla pityophila* FLOR 1861, *Psylla oxyacantha* MEYER-DUER 1871, *Psylla similis* MEYER-DUER 1871) est inféodée aux *Crataegus* sur lesquels les œufs et les larves se développent entre les mois d'avril et de juin. Pendant les autres mois de l'année, les adultes sont capturés en grand nombre sur les Conifères. *P. melanoneura* a été signalé sur le Poirier en Crimée par MOKRZECKI (1912), en Europe Centrale par HAUPT (1935), en Suisse par WILLE 1950. SCHAEFER (1949) a capturé quelques adultes sur le Poirier, en Suisse, au cours des mois d'avril, octobre et décembre. Nous ne l'avons jamais observé dans la région parisienne sur le Poirier.

Les relevés que nous avons effectués en divers vergers de la région parisienne nous ont permis de constater que *Psylla pyri* est l'espèce la plus dangereuse et la plus répandue ; *Psylla pyricola* et *P. pyrisuga*

ont été également récoltés mais leur importance économique est des plus réduites.

P. pyri a occasionné entre 1948 et 1955 des dégâts importants dans des vergers en espaliers de la Côte-d'Or, du Rhône, de l'Aveyron, de la Haute-Garonne, du Tarn-et-Garonne, du Maine-et-Loire, du Loiret, du Cher et de la Seine-et-Oise.

I. — HISTORIQUE ET POSITION SYSTÉMATIQUE

P. pyri a été décrit pour la première fois par LINNÉ en 1758 sous le nom de *Chermes pyri* ; il a été signalé par la suite en Allemagne par FOERSTER en 1848 et MEYER-DUER en 1871, en Bohême par SULC en 1905 en France par AMYOT (1847) et par HOUARD (1908).

D'après AULMANN, *P. pyri* existe dans les pays suivants : Angleterre, Irlande, France, Allemagne, Suède, Finlande, Autriche, Hongrie et Russie ; il se trouverait, d'après SCHAEFER, dans toute l'Europe à l'exception de l'Angleterre, de l'Écosse et de la Scandinavie du Nord et d'après LAL (1934) dans toute l'Europe, sauf l'Ecosse. Il a été signalé en Russie Centrale par GUDKOV (1914), en Russie du Sud par MOKRZECKI (1912), en Bessarabie par VITKOWSKY (1913), en Tchécoslovaquie par BLATTNY (1924), en Roumanie par FINTZESCU (1938) et en Suisse par WILLE (1950).

P. pyri appartient à la sous-famille des *Psyllinae* CRAWFORD 1914. SCHAEFER (1949) divise le genre *Psylla* GEOFFROY 1762 en 8 groupes :

a) *mali* (*P. mali* SCHMIDBERGER, *P. sorbi* EDWARDS, *P. peregrina* FOERST., etc...)

b) *crataegi* (*P. crataegi* SCHRANK, etc...)

c) *pyrisuga* (*P. pyrisuga* FOERSTER, *P. melanoneura* FOERSTER, *P. costalis* FLOR)

d) *pruni* (*P. breviantennata* FLOR, *P. pruni* SCOPOLI)

e) *pyri* (*P. pyri* L., *P. pyricola* FOERST.)

f) *iteophila* (*P. iteophila* LOEW, *P. saliceti* FOERST., etc...)

g) *hippophaes* (*P. hippophaes* FOERST., *P. phaeoptera* LOEW.)

h) *alni* (*P. alni* ZETT., *P. Foersteri* FLOR., etc...)

Un neuvième groupe renferme des espèces particulières telles que *P. buxi* L., *P. visci* CURT., etc...

Les deux groupes *pyrisuga* et *pyri* auxquels appartiennent les espèces nuisibles au Poirier se différencient, d'après SCHAEFER, par les caractères des ailes antérieures. Le groupe *pyrisuga* est caractérisé par un pterostigma dont les bords sont parallèles sur leur majeure partie. Le groupe *pyri* se différencie par la présence de deux zones brun noirâtre, l'une située à l'extrémité du clavus, l'autre, plus petite, placée dans la cellule R.M. Cu.

LUNDBLAD (1920) détermine les trois espèces nuisibles au Poirier d'après la partie postérieure de l'abdomen des mâles, mais il n'indique pas les

caractères distinctifs des femelles. WILLE (1950) a représenté sommairement les caractères du complexe génito-anal des mâles et des femelles de *P. pyri*, *P. pyricola*, *P. pyrisuga* et *P. melanoneura*.

Caractères distinctifs des psylles nuisibles au poirier

I. Pterostigma à bords sensiblement parallèles, l'extrémité de la R1 de l'aile antérieure aboutissant non loin de l'extrémité de l'aile (fig. 1).

FIG. 1. — Aile antérieure de *P. pyrisuga* (mâle).

FIG. 2. — Ailes antérieure et postérieure de *P. pyricola* (mâle).

Mâle : forceps à bords sensiblement parallèles, d'une longueur égale aux 2/3 de la valve anale. **Femelle** : plaque anale à bord supérieur presque rectiligne, 3 fois plus longue que large (fig. 5) *P. pyrisuga* (1),

(1) La biologie de *P. pyrisuga* est mal connue. Les adultes apparaissent sur les poiriers au moment de l'éclatement des bourgeons; ils pondent sur les tissus en cours de développement et provoquent des déformations (fig. 21). Les larves commencent par piquer les jeunes feuilles qui se gaufrent sous l'action des piqûres, puis elles gagnent les jeunes rameaux. Les mues imaginales s'échelonnent du début du mois de juin au 15 juillet. Les adultes abandonnent alors les poiriers ; il ne nous a jamais été possible d'en garder en élevage sur le Poirier au-delà du 15 août. Les plantes sur lesquelles a lieu la migration sont inconnues. SCHAEFER a capturé des adultes sur des conifères et sur *Juniperus* (en mars, mai, juin

II. Pterostigma à bords obliques, l'extrémité de la R1 de l'aile antérieure aboutissant nettement en deça de l'extrémité de l'aile (environ au 1/5 de la longueur totale de l'aile (fig. 2).

A. Mâle : forceps vu de profil en forme de faucille. **Femelle** : plaque anale fortement convexe à sa moitié distale (fig. 6.) *P. pyri*

B. Mâle : forceps d'une longueur égale à la moitié de la valve anale et amincis aux deux extrémités. **Femelle** : plaque anale allongée à bord supérieur légèrement concave à sa moitié distale (fig. 4) ; plaque sous-génitale vue de profil en forme de triangle équilatéral. *P. pyricola*

II. — MORPHOLOGIE DES ADULTES ET DES LARVES

A. ADULTES

Tête, thorax et abdomen. — La tête et le thorax de *P. mali* SCHMIDB. ont été remarquablement étudiés par CRAWFORD (1914) et WEBER (1929) ; WILLE (1950) a indiqué les caractéristiques des têtes de femelles de *P. pyri*, *P. pyricola*, *P. pyrisuga* et *P. melanoneura*.

La tête de *P. pyri* (fig. 3) comprend un vertex bien développé ; le front est très réduit ; les deux prolongements coniques, situés en dessous des antennes, appelés cônes jugaux par CRAWFORD (1914), HAUPT (1935) et BRITAIN (1922) et cônes frontaux par WEBER (1929) sont relativement courts et portent quelques longues soies sensorielles. Il y a deux gros yeux composés et 3 ocelles disposés en triangle. Les antennes sont formées de 10 articles, les deux articles de la base étant courts et les huit autres cylindriques et allongés ; les articles 4, 6, 8 et 9 présentent un sensoria et le dernier article est orné de deux fortes soies à son extrémité ; quelques fines soies sont réparties sur les divers articles.

Le thorax et les pattes n'offrent rien de particulier. Les ailes antérieures comprennent, de l'avant à l'arrière, une $C + Sc$, une R se subdivisant en une R1 formant la limite postérieure du pterostigma et en une Rs, une M se divisant en une $M1 + M2$ et en une $M3 + M4$, une Cu donnant deux rameaux $Cu1$ et $Cu2$; il y a enfin une anale A et deux axillaires Ax. Les ailes postérieures présentent une nervure assez forte ($C + Sc$) supportant plusieurs fortes soies et une épine recourbée qui s'engage au moment du vol dans un petit repli de l'aile antérieure. Les autres nervures ne sont perceptibles que par la disposition des spinules en deux lignes

et novembre), sur *Sorbus aucuparia*, en septembre et octobre, sur *Quercus* en septembre et octobre, sur *Betula alba* en octobre. Nous avons vainement essayé d'élever des adultes dans une grande cage où étaient plantés un Poirier, un Sorbier et un Pin sylvestre. Nous ne savons donc pas si *P. pyrisuga* présente plusieurs générations par an sur des hôtes différents ou s'il n'en présente qu'une : dans ce dernier cas, les adultes apparus au cours des mois de juin et de juillet hiverneraient et leur aspect évoluerait entre les types « été » et « hiver » décrits par divers auteurs.

P. melanoneura, qui appartient au même groupe, présenterait la même biologie.

parallèles ; on reconnaît la *Rs*, la Médiane *M* et la Cubitale *Cu* se divisant en deux branches inégales ; il y a enfin, les axillaires *Ax*1 et *Ax*2 (BONNEMAISON et MISSONNIER 1955, p. 465), .

Chez les mâles de *P. pyri*, il y a 6 tergites et 6 sternites bien différenciés, et, chez les femelles, 6 tergites et 4 sternites. Plusieurs auteurs (LOEW 1878, WITLACZIL 1885, HEYMONS 1899, STOUGH 1910, SULC 1910, CRAWFORD 1914, BRITTAIN 1923, MINKIEVITZ 1924, WILCKE 1941) ont étudié la morphologie des segments abdominaux et la désignation de ces segments est controversée. On admet que les premiers tergites et sternites font partie intégrante du métathorax et ne sont plus représentés que par les deux

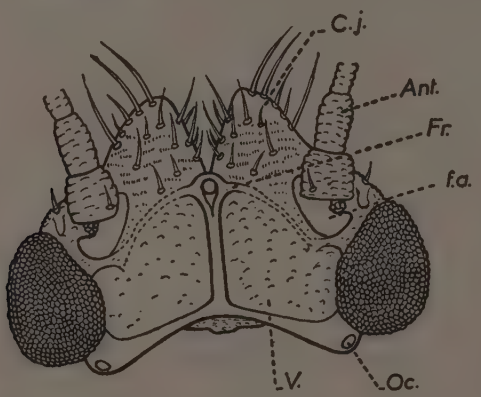


FIG. 3. — Vue frontale de la tête d'un *P. pyri* mâle. Ant. : antenne. C. j. : cônes jugaux. Fr. : Front. f.a. : fossette antennaire. Oc. : Ocelle. V. : Vertex.

premiers stigmates. Chez le mâle, les 6 sternites différenciés correspondent respectivement aux sternites 3, 4, 5, 6, 7, 8, et la plaque sous-génitale au 9e sternite ; les 6 tergites seraient les tergites 3 à 8 d'après la plupart des auteurs et les tergites 2 à 7 d'après WILCKE.

Pour les femelles, les 6 tergites correspondraient aux tergites 3 à 8 pour la plupart des auteurs et aux tergites 2 à 7 d'après WILCKE ; enfin les 4 sternites sont assimilés aux sternites 3 + 4, 5, 6, et 7, et pour WILCKE aux sternites 3, 4, 5 et 6.

Le 9e tergite constitue la plaque sous-génitale et le 10e tergite la plaque anale. Pour la description suivante des organes mâles et femelles nous avons adopté la terminologie courante.

Complexe génito-anal mâle (fig. 6) : il est constitué par le 9e sternite désigné sous le nom de plaque sous-génitale (STOUGH 1910) ou de valve génitale ventrale (CRAWFORD 1914) ; il a la forme d'une sphère ouverte à la partie supérieure sur laquelle s'articulent une paire de forceps *F* ou harpagones, fortement incurvés et porteurs de soies sensorielles courtes et relativement raides, qui peuvent pivoter sous l'action de muscles fixés à

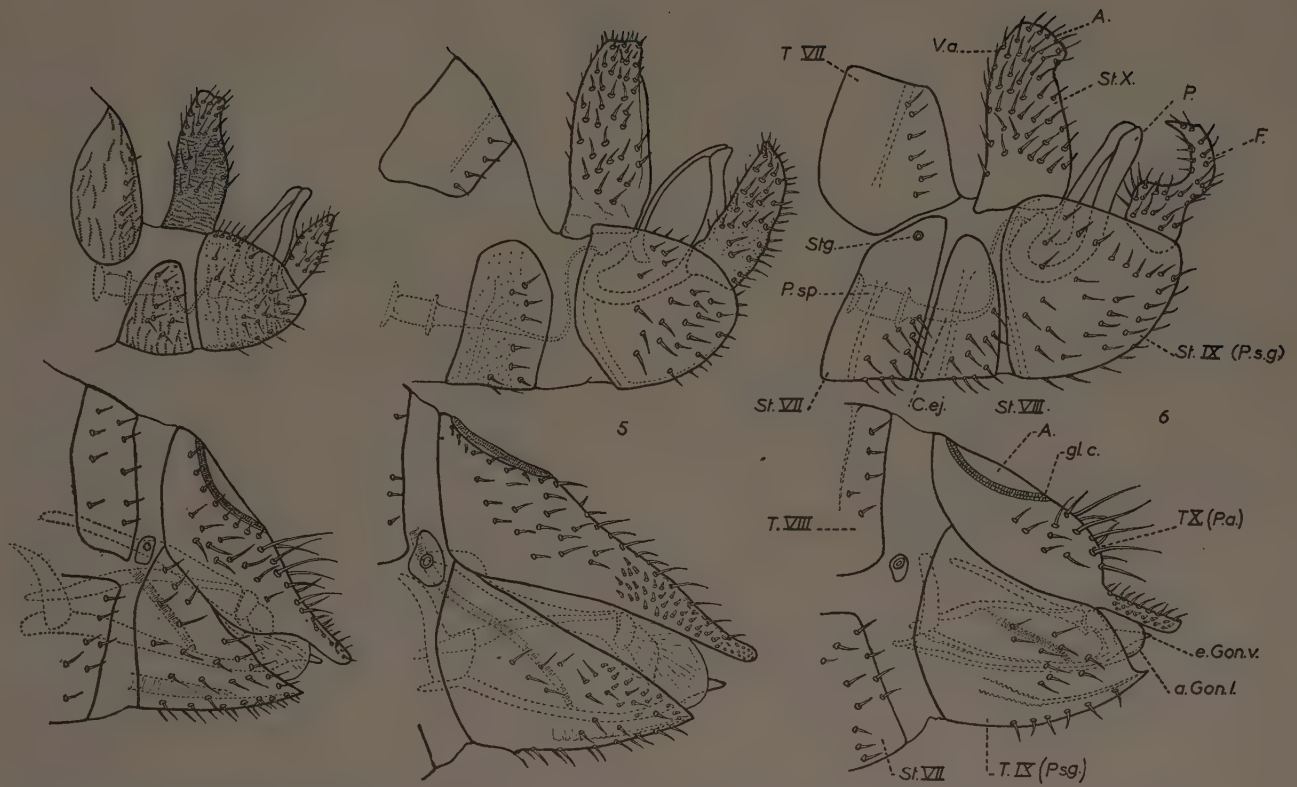


FIG. 4, 5, 6. — Complexe génito-anal mâle et complexe génito-anal femelle des Psylles du Poirier. 4 : *P. pyricola*. 5 : *P. pyrisuga*. 6 : *P. pyri*. A : anus. a. Gon. l. : ailes des gonapophyses latérales. C.ej. : canal éjaculateur. F. :forceps ou harpagones. gl.c. : glandes cirières. Gon.i. : gonapophyses internes. Gon.l. : gonapophyses latérales. Gon. v, : gonapophyses ventrales. P. : pénis. P.a. : plaque anale. P.s.g. : plaque sous génitale. P.sp. : pompe spermatique. St. : sternite. Stg. : stigmate. T. : tergite. Va. : valve anale.

la partie postérieure du sternite. Le pénis *P* est constitué par deux articles d'inégale longueur, l'article terminal pouvant pivoter à l'extrémité du basal ; celui-ci reçoit, à la base, le canal éjaculateur *C. ej.* qui prolonge la pompe spermatique *P. sp.* La forme de l'article terminal du pénis est différente chez les trois espèces nuisibles au Poirier ; celui de *P. pyri* présente une expansion lamelleuse à la partie antérieure ; le canal déférent se termine par une petite tubulure souple, difficilement perceptible, et qui n'a pas été signalée par les auteurs (fig. 7).

Le 10e sternite, appelé cône anal, plaque génitale dorsale ou valve anale *V. a.* (Crawford 1914) est concave à sa partie postérieure ; il est traversé dans toute sa longueur par la portion terminale de l'intestin grêle qui débouche à son extrémité.

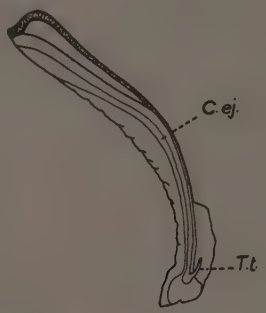


Fig. 7. — Extrémité du pénis de *P. pyri*. C. ej. : canal éjaculateur T.t. : tubulure terminale

Complexe génito-anal femelle (fig. 6) : il est entouré par le 9e tergite, généralement appelé plaque sous-génitale *P. sg.* et le 10e tergite, ou plaque anale *P. a.* La plaque sous-génitale est en forme de carène de navire et elle présente à l'arrière, chez *P. pyri*, un profil tel que la partie terminale du 10e tergite peut venir s'appliquer hermétiquement sur elle.

L'anus *A* débouche à la partie antérieure de la plaque anale ; il y a sur le pourtour de l'anus une double rangée de pores où débouchent des glandes cirières *Gl. c.*

L'oviscapte comprend 3 paires de gonapophyses (fig. 8) : les gonapophyses ventrales, *Gon. v.* ou *Ventral valvulae* de Brittain, sont de longues et étroites lames présentant un épaississement à leur extrémité postérieure ; à leur partie antérieure, ces gonapophyses présentent chacune une forte lame chitinisée *B. v.* (*Basivalvulae* de Brittain) sur laquelle s'insèrent de puissants muscles protracteurs et rétracteurs.

Les gonapophyses internes (*Gon. i.*) sont d'étroites lames similaires aux précédentes, sous lesquelles les gonapophyses ventrales peuvent se déplacer grâce à un système de rainures qui ont été bien décrites par Brittain (1922) et Minkieviez (1924) chez *P. mali*, par Wilcke (1951) chez

P. buxi et par WILLE (1950) chez *P. pyri*. A la partie postérieure, ces gonapophyses internes s'épanouissent (*a. Gon. i*) et se soudent en constituant un cône creux et rigide.

A la partie antérieure, ces gonapophyses internes se soudent à la base des gonapophyses latérales *Gon. l.* (encore appelées gonapophyses dor-

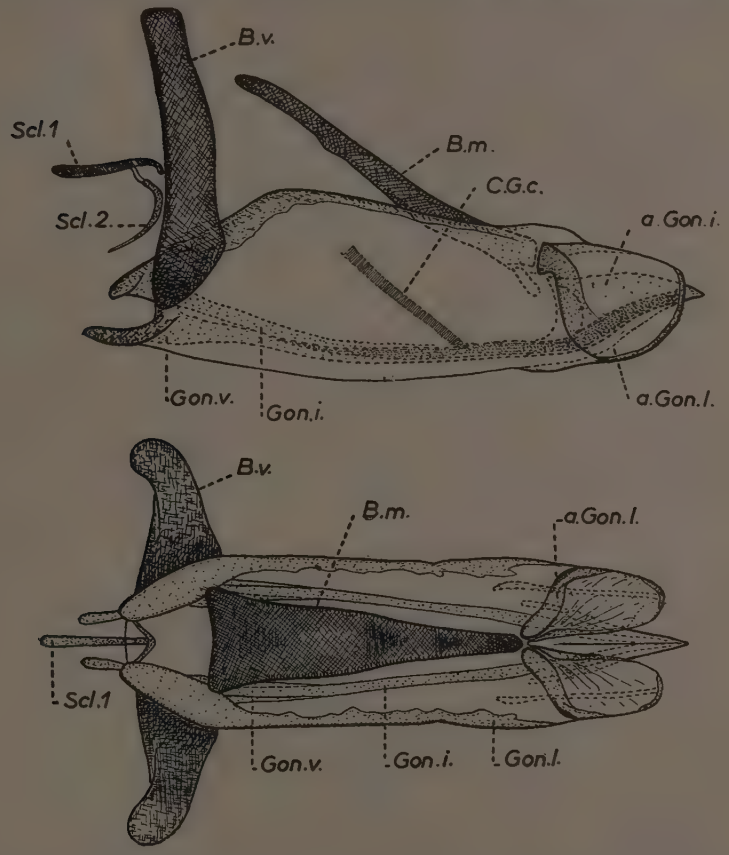


FIG. 8. — Vue générale des gonapophyses. En haut : vue latérale. En bas : vue dorsale. a. Gon. i. : ailes des gonapophyses internes. a. Gon. l. : ailes des gonapophyses latérales. B.m. : baguette médiane. B. v. : basivalvulae. C.G.c. : canal de la glande cémentaire. Gon. i. : gonapophyses internes. Gon. l. : gonapophyses latérales. Gon.v. : gonapophyses ventrales. Scl. 1, Scl. 2 : sclérites 1 et 2.

sales) ; celles-ci sont constituées par une large membrane formant une gaine ouverte à la partie supérieure et présentant de place en place des portions épaissies assez variables suivant les individus, mais qui sont toujours bien accusées à leur partie supérieure ; à l'avant, ces gonapophyses latérales constituent deux larges expansions ou ailes (*a. Gon. l.*) qui se tordent en spirale et qui forment deux séries de deux bandelettes chitini-

sées assurant à l'ensemble une certaine rigidité ; celle-ci est améliorée, notamment à la partie postérieure, par de minces bandelettes épaissies.

Il y a enfin dans l'axe de ce complexe une forte baguette médiane chitinisée (*B. m.*) dont l'extrémité antérieure est reliée à deux muscles qui, en se contractant, font déplacer cette baguette vers l'arrière ; celle-ci, qui s'applique sur les parties épaissies des ailes des gonapophyses latérales transmet donc à ces dernières une pression de l'avant vers l'arrière.

Lors de l'accouplement, le mâle écarte les forceps qui s'agrippent aux ailes des gonapophyses latérales ; le cône anal est en même temps, sous l'action d'autres muscles, ramené vers l'avant et appliqué par conséquent sur le dos, ce qui libère le pénis ; celui-ci, qui est arc-bouté en période de repos, se détend vers l'arrière en raison de son élasticité propre, et peut alors, guidé par les ailes des gonapophyses latérales, pénétrer profondément dans la femelle jusqu'à ce que la petite tubulure terminale soit située non loin du réceptacle séminal. La pompe spermatique *P. sp.* (fig. 6) a été décrite dans notre autre travail.

Au moment de la ponte, la femelle cherche un lieu favorable au dépôt de l'œuf, c'est-à-dire des tissus relativement tendres ; elle applique l'extrémité de l'abdomen sur l'écorce du rameau ou la feuille ; sous l'action de muscles puissants, l'extrémité du cône constitué par la soudure des parties postérieures des gonapophyses internes vient s'appliquer presque perpendiculairement aux tissus végétaux et les perfore ou les écrase ; les

Fig. 9. — Femelle de *P. pyri*.

gonapophyses ventrales glissent alors sur les rainures des gonapophyses internes et, grâce à leurs pointes aiguës, pénètrent plus profondément dans le limbe ou l'écorce que ne l'avaient fait les gonapophyses internes. L'œuf, qui a été fécondé au moment de son passage devant le réceptacle séminal, est alors expulsé ; il est guidé par les ailes des gonapophyses latérales et son pédoncule caudal s'introduit dans la perforation encore béante ; par la suite, les tissus de l'écorce ou du limbe se contractent et assurent le maintien du pédoncule caudal dans la plaie.

Le rôle de la sécrétion de la glande cémentaire est difficile à préciser.

WITLACZIL (1885) et SPEYER (1929) supposent qu'elle assure la fixation de l'œuf sur le substratum. WEBER fait remarquer que cette sécrétion devrait, dans ce cas, engluer les rainures et qu'il est probable qu'elle assure la lubrification du système de glissement ; en raison du faible volume de la glande et de la position de l'orifice du canal qui est placé nettement en avant du lieu de sortie de l'œuf ; cette conception nous paraît la plus vraisemblable.

Formes d'hiver et d'été

P. pyri présente deux types morphologiques : une forme hivernale, qui apparaît après le début du mois de septembre, grande, de teinte foncée, et une forme estivale, plus petite, de couleur variable, mais toujours claire (beige, rouge, verte, vert-bleuâtre).

Forme d'hiver. — Extrémité du cône jugal marron foncé, centre beige, antennes marron foncé à noir. Vertex bordé de noir avec une étroite bande médiane noire et, au centre, deux quadrilatères marron bordés d'un liseré beige ; yeux marron.

Pronotum beige pâle avec de petites taches marron. Prescutum marron foncé avec une ligne orangée axiale et un liseré beige à l'arrière. Scutum : 5 bandes longitudinales marron foncé sur un fond beige orangé, la bande médiane étant très étroite. Scutellum marron foncé à l'arrière, beige à l'avant. Pleures marron foncé à noir avec membranes articulaires jaunâtres.

TABLEAU I

Longueur moyenne des ailes des différentes générations

	Génération hivernale		Générations estivales					
			1re génération		2e génération		3e génération	
	M	F	M	F	M	F	M	F
Longueur moyenne en microns	2754	2872	2529	2730	2345	2541	2205	2331
Limites de l'intervalle de confiance pour le seuil de 0,05.	2429 3014	2614 3130	2362 2696	2560 2900	2106 2584	2340 2742	2118 2292	2095 2567

Fémurs des trois paires de pattes brun foncé, revêtus de longues soies, extrémité distale jaunâtre ; tibias et tarses marron foncé ; ongles noirs ; les pattes des femelles paraissent un peu plus claires que celles des mâles.

Tergites et sternites abdominaux marron foncé ; certains exemplaires ont le dessous de l'abdomen vert bleu ; membranes articulaires jaunâtres ou rougeâtres. Pièces génitales noires. Extrémités des forceps jaunâtres.

La plupart des cellules de l'aile antérieure présentent des zones enfumées qui n'ont pas une structure homogène, mais sont formées d'étroites

bandes plus foncées disposées obliquement et de façon sensiblement parallèle. (L. BONNEMAISON et J. MISSONNIER 1955, fig. nº 6). La cellule Rs, la 2e cellule marginale, la cellule M et la 1ere cellule marginale possèdent des aires garnies de fortes épines aboutissant au bord de l'aile et dont la largeur totale est inférieure à la moitié de la largeur marginale de la cellule. Longueur moyenne de l'aile : 2,76 mm, largeur : 1,10.

L'aile postérieure est identique chez les formes d'été et d'hiver.

Forme d'été. — Cône jugal entièrement beige pâle. Antennes marron pâle. Vertex orangé bordé de noir avec une étroite bande médiane noire. Yeux marron foncé, portion post-oculaire beige ; ocelles jaune orange. Pronotum beige pâle avec de petites taches orangées dans la région centrale. Prescutum avec une ligne orangée axiale ; larges bandes noires de part et d'autre et taches orangées marginales. Scutum identique à celui de la forme d'hiver. Scutellum marron foncé avec petite bande beige au centre.

Fémurs marron foncé, extrémité distale beige jaunâtre, tibias beige légèrement brunâtre, tarses beige pâle, ongles noirs.

Sternites abdominaux marron foncé, beiges à blanchâtres à l'arrière. Oviscapte beige très pâle, légèrement enfumé à la pointe. Nombreuses soies blanches sur tous les segments. Les tergites paraissent entièrement noirs.

Les nervures des ailes antérieures sont moins foncées que chez la forme d'hiver et les épines qui sont réparties sur ces nervures sont un peu plus longues. Le pterostigma est translucide comme le reste de l'aile. Il existe sur la majeure partie des cellules une fine ponctuation qui enveloppe les fortes épines signalées précédemment et qui s'étale sur la majeure partie des bords de l'aile ; c'est en se basant sur ce caractère que SCHAEFER établit une distinction entre le groupe *pyri-pyricola* et le groupe *pyrisuga* ; il ne peut s'appliquer qu'à la distinction des formes d'été. Par contre, il n'y a pas de zones enfumées, sauf une tache beaucoup plus réduite que chez la forme d'hiver, dans la région marginale de la cellule cubitale. La nervure anale est relativement plus faible que chez la forme d'hiver et sa surface est beaucoup plus régulière. La longueur des ailes antérieures est plus faible que celle des formes d'hiver ; elle diminue au cours des générations successives de formes estivales (tableau nº I).

B. — ŒUF ET LARVES

a) **Œuf.** — L'œuf de *Psylla pyri* mesure en moyenne 320 µ de long sur 150 de large. Son extrémité antérieure est hémisphérique, alors que son extrémité postérieure s'amincit légèrement et se prolonge par un mince filament d'une longueur de 90 µ (fig. 10).

Les œufs des trois espèces de Psylles du Poirier sont nettement différents : *Psylla pyrisuga* s'amincit à son extrémité postérieure, mais ne présente pas de filament ; *Psylla pyricola* a un filament d'une longueur de 160 μ. Les œufs des trois espèces possèdent un pédoncule de fixation, celui de *Psylla pyri* étant plus long que celui des deux autres espèces.

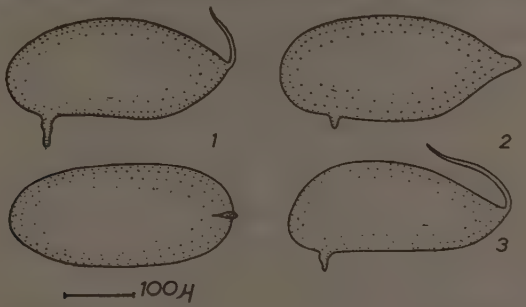


FIG. 10. — Œufs des Psylles du Poirier 1. : *P. pyri* (Vue latérale et dorsale). 2 : P. *pyrisuga* 3 : P. *pyricola*.

Au moment de la ponte, l'œuf est habituellement jaune clair ; le mycétome a la forme d'une petite sphère jaune orangé située dans la moitié postérieure et visible par transparence. Peu avant l'éclosion, les épines du ruptor-ovi sont décelables au travers du chorion, de même que les yeux qui forment deux taches latérales rouges au tiers antérieur. La sortie de la jeune larve s'effectue par une courte fente longitudinale, dorsale, située au quart antérieur de l'œuf.

b) **Premier âge larvaire** (fig. 11). — Les larves du premier âge sont globuleuses, d'allure massive : la tête et le thorax ne forment qu'une seule pièce beaucoup plus volumineuse que l'abdomen. Les pattes sont courtes, déjetées sur le côté : l'Insecte se déplace avec difficulté, en particulier sur la surface pelucheuse de certaines variétés de Poirier.

Elles sont jaunes, avec des taches brunes plus ou moins nettes sur la tête, le thorax et l'abdomen, les yeux sont rouges.

Les larves de Psylles portent plusieurs types de soies dont la disposition et le nombre varient au cours des différents âges. Le bord postérieur de l'abdomen porte de très longues soies insérées sur une embase, d'abord sensiblement cylindrique, puis se rétrécissant peu à peu et se terminant par un renflement en forme de sphère déprimée sur un secteur. (Type C1). La fonction de ces soies n'est pas élucidée : certains auteurs leur accordent un rôle sensoriel, d'autres un rôle excréteur ; WILLE leur dénie l'une et l'autre de ces fonctions.

Il existe, sur le corps et les pattes, d'autres soies plus courtes, de taille variable, insérées sur un cône et terminées par une petite massue (type C2). Les extrémités des pattes portent une longue soie coudée à son extrémité, celles des antennes deux soies sensiblements cylindriques.

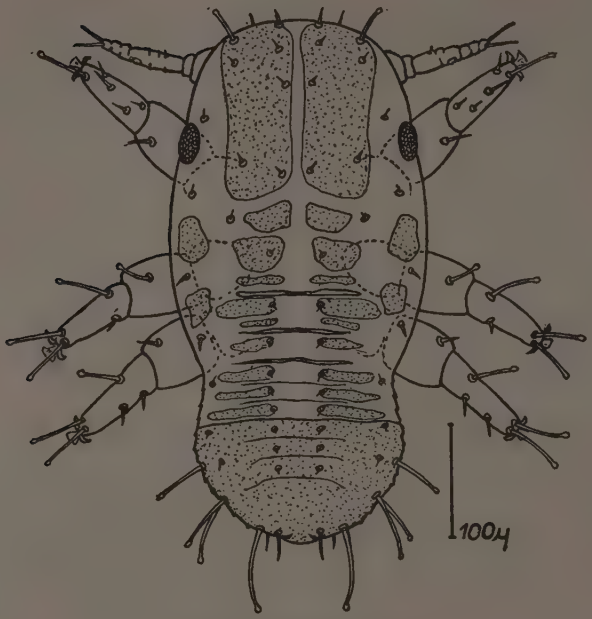


FIG. 11. Larve au 1er âge

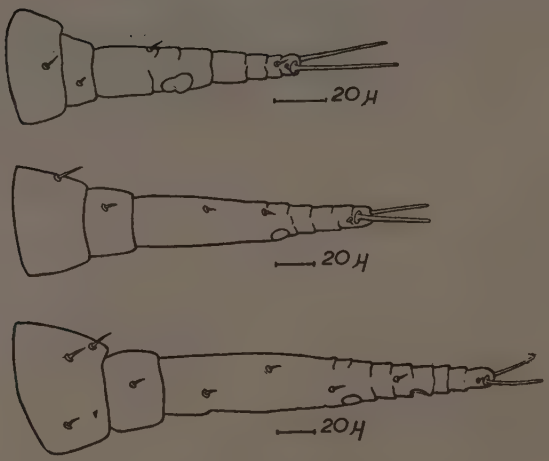


FIG. 12. — Antennes des larves, de haut en bas, aux 1er, 2e et 3e âges.

D'autres soies, également insérées sur un cône, sont pointues, généralement assez courtes (type C3). Enfin, certaines zones tégumentaires sont couvertes d'innombrables microtriches courts et aigus, sans cônes d'insertion (bords latéraux du thorax, zônes marginales inférieures de l'abdomen).

Les antennes (fig. 12), comprennent 3 articles ; les deux premiers sont courts et larges, le 3e est allongé : il porte plusieurs crêtes interrompues, perpendiculaires à son axe, un sensoria placé en son milieu, et les deux soies terminales que l'on retrouve sur les antennes de tous les âges larvaires et de l'adulte et qui sont accompagnées chacune d'une petite soie du type C3.

Les ébauches alaires sont marquées seulement par deux paires de petites taches placées latéralement sur le thorax.

Les pattes comprennent trois articles : un coxa large et court, un trochantéro-fémur et un tibio-tarse unique terminé par deux fortes griffes et un pulvillus très développé. Les trois paires de pattes sont identiques, sauf en ce qui concerne la distribution des soies : les pattes antérieures sont terminées par une seule longue soie, alors que les autres en possèdent deux, et deux soies du type C2, l'une sur le trochantéro-fémur, et l'autre sur le tibio-tarse.

La segmentation de la tête et du thorax est difficile à observer, de même que celle de l'abdomen. Dorsalement, il y a deux rangées longitudinales de taches foncées correspondant sans doute aux différents sclérites et 4 rangs de soies du type C3. Les derniers tergites abdominaux sont soudés entre eux pour former une grande plaque chitinisée. Le bord postérieur de l'abdomen est muni de 4 paires de grandes soies capitées du type C1 et de 3 soies du type C3 ; les 2e et 3e soies C1 sont insérées l'une au dessus de l'autre.

c) **Deuxième âge larvaire** fig. 13). — Il est très peu différent du premier : sa forme est encore un peu globuleuse, sa couleur jaune clair avec des taches brunes. Ces deux âges se distinguent par leurs dimensions, par la présence de bourgeons alaires saillants, par quelques taches supplémentaires du thorax et par la chétotaxie.

Les antennes sont identiques, à la taille près.

Les pattes ont la même constitution, mais les tibio-tarses des 2e et 3e paires n'ont plus qu'une seule soie coudée. Les ébauches alaires portent une petite soie du type C2 et, sur le thorax, il est apparu quelques taches longitudinales à la limite des tergites et des pleurites. Le nombre des soies C3 a augmenté, mais le schéma de leur répartition reste le même. L'abdomen est orné de 6 paires de soies C1, toutes disposées sur l'extrême bord postérieur.

d) **Troisième âge larvaire** (fig. 14). — Il est beaucoup plus aplati que les âges précédents et les taches dorsales sont plus foncées.

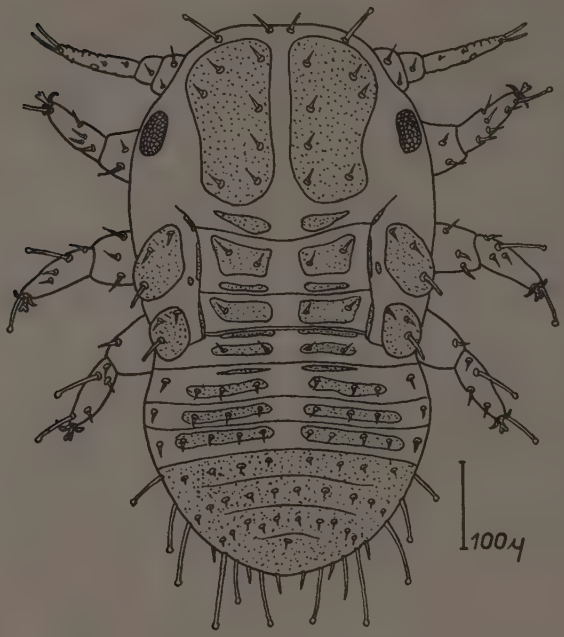


FIG. 13. — Larve au 2e âge.

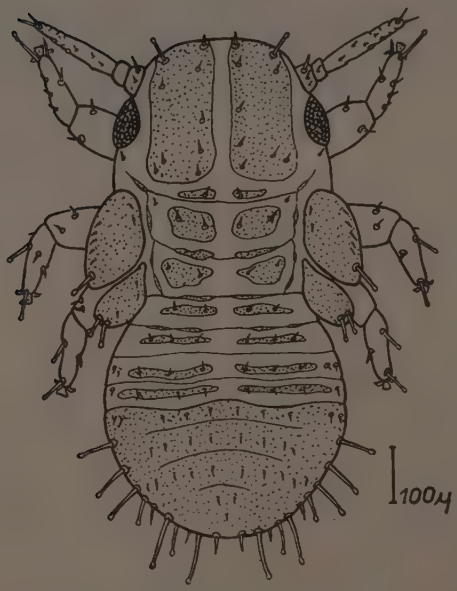


FIG. 14. — Larve au 3e âge.

Les antennes sont plus longues, mais toujours formées de trois segments : le dernier ou funicule porte maintenant deux sensoria et est de couleur foncée à son extrémité. Les pattes n'ont subi aucune transformation. Les bourgeons alaires sont plus grands, légèrement saillants de part et d'autre du corps : ils arrivent au contact l'un de l'autre ; le bourgeon postérieur porte deux soies C2, au lieu d'une. Le bord postérieur de l'abdomen est garni de 7 paires de soies C1. Le nombre de soies C3 disposées sur le corps augmente ; elles forment des alignements transversaux, au même niveau qu'aux âges précédents.

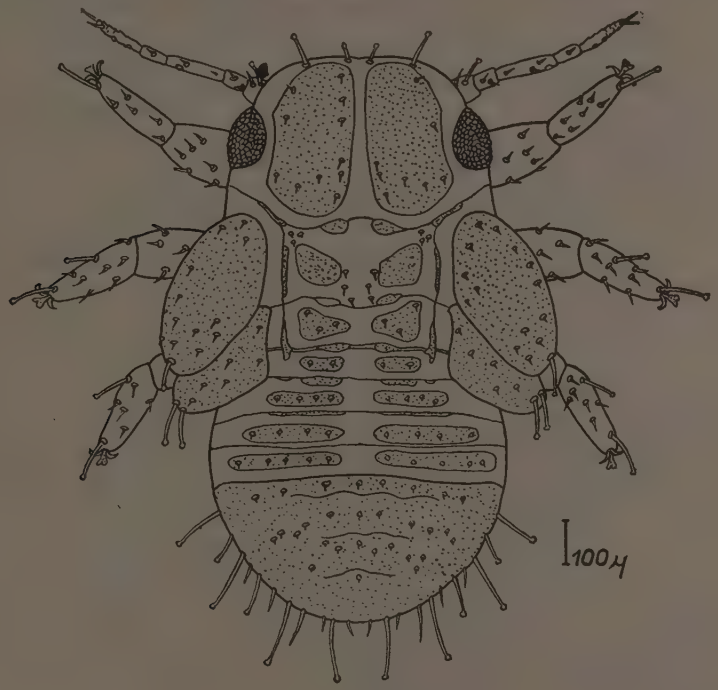


FIG. 15. — Larve au 4e âge.

e) **Quatrième âge larvaire** (fig. 15). — Les larves au 4e âge ont un aspect plus sombre, leurs taches dorsales étant plus foncées.

Les antennes possèdent cinq articles ; le 3e porte un sensoria, et le 5e, deux ; il est brun foncé à son extrémité.

Les pattes ont la même structure qu'au 3e âge, les ébauches alaires sont plus grandes et se recouvrent partiellement. La disposition générale des taches dorsales et des soies C3 est toujours voisine de celle de l'âge précédent. Le bord postérieur de l'abdomen est maintenant orné de 7 paires de soies C1.

f) **Cinquième âge larvaire** (fig. 17). — Les larves du 5e âge se reconnaissent à leur couleur générale foncée et à leur grande taille. Les antennes ont 7 articles et 4 sensoria : deux situés respectivement aux ex-

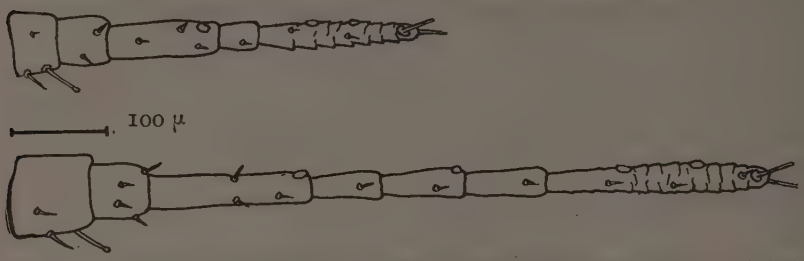


FIG. 16. — Antennes des larves, de haut en bas aux 4e et 5e âges (la tête étant orientée vers le bas)

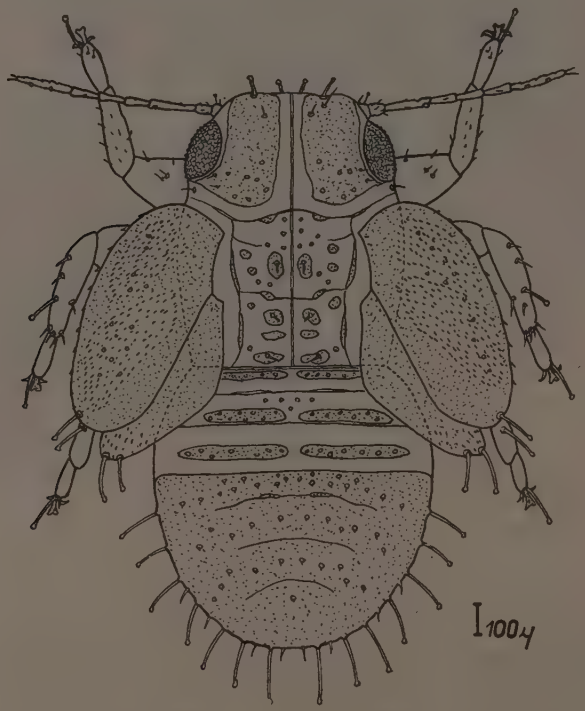


FIG. 17. — Larve au 5e âge.

trémités distales du 3e et du 5e segment, les deux autres sur le 7e, qui est brun foncé. Les pattes ont 4 articles : le tibio-tarse s'est scindé en deux segments : le tibia et le tarse qui est de couleur brun foncé. Les tibias des 2e et 3e paires de pattes portent 3 soies capitées chacun (type C2), et tous les tarses se terminent par une soie courbée. Les ébauches alaires

sont très développées ; elles se recouvrent largement. Les taches foncées du thorax sont plus nombreuses, mais leur distribution générale reste la même ; celles de l'abdomen n'ont subi aucune transformation. Le bord postérieur de l'abdomen est bordé, comme au 4e âge, par 7 paires de soies capitées du type C1.

A la fin du 5e âge, les larves grossissent considérablement et deviennent très globuleuses. Leurs téguments se distendent et la coloration générale s'éclaircit fortement : elles deviennent verdâtres ; à l'automne, elles paraissent rouges, à cause de la couleur des téguments de l'adulte qui sont visibles au travers de ceux de la larve. (Les adultes de forme d'été, aussitôt après la mue imaginale sont verts, alors que les adultes de la forme hivernale sont rougeâtres). La couleur des larves varie donc au cours des âges. Aussitôt après la mue, les téguments larvaires sont jaune clair ; en 24 heures, ils prennent leur teinte normale ; ils se distendent avant chaque mue ; les taches qui les ornent s'écartent les unes des autres et la larve reprend une couleur générale claire. Entre deux mues, la larve d'un âge donné subit une augmentation de taille qui atteint 30 p. 100.

Le tableau suivant donne les caractères qui permettent une identification rapide des différents âges larvaires de *Psylla pyri* L.

TABLEAU II

Caractères distinctifs des 5 âges larvaires de Psylla pyri *L.*

Age	Longueur en microns		Antennes (1)		Bourgeons alaires	Nombre de poils capités au bord postérieur de l'abdomen	Divers
	Extrêmes	Moy.	Articles	Sensoria			
1er	360 — 540	450	3	1	Simples taches sur le thorax	4 paires	Forme globuleuse couleur claire (jaune)
2e	540 — 720	600	3	1	Légère saillie sur le côté du thorax. 1 poil capité par bourgeon	6 paires	Forme aplatie, couleur claire (jaune)
3e	720 — 1020	840	3	2	Bien développés. Ne se recouvrent pas. 2 poils capités sur les bourgeons postérieurs	7 paires	Couleur claire
4e	1020 — 1320	1260	5	3	Se recouvrent	7 paires	Pattes à 3 articles comme les âges précédents. Couleur plus foncée
5e	1560 — 1800	1750	7	4	Très développés	7 paires	Couleur foncée. Pattes à 4 articles (tarse différencié)

(1) Voir les figures nº 12 et 16.

III. — BIOLOGIE

Les observations biologiques ont été faites dans plusieurs vergers de la région de Versailles et accessoirement dans un verger de Seine-et-Marne.

A. — HIVERNATION ET PONTE

1. — Activité des Psylles

Les mues imaginales des Insectes de la dernière génération s'échelonnent depuis les premiers jours de septembre jusqu'au début du mois de décembre et parfois même jusqu'à la fin du mois de janvier ; l'hivernation se fait donc presque uniquement sous la forme imaginale.

L'activité de ces adultes est très réduite pendant toute la période des grands froids ; ils se tiennent isolés ou en petits groupes, dans tous les abris naturels qu'offrent les arbres fruitiers : fissures des écorces, intersection de deux rameaux, replis de feuilles desséchées encore fixées aux arbres, ainsi que dans les endroits les plus variés pouvant leur assurer une certaine protection : pierres, mottes de gazon ou de terre, crevasses des piquets, etc. Ils ne sont cependant pas immobiles ; même à une température de — 5° ils sont capables de sauter lorsque l'on essaie de les capturer.

Ils se déplacent par les journées d'hiver ensoleillées ; ces mouvements ont été mis en évidence au cours de la première quinzaine des mois de janvier 1950 et 1951, en mettant de la glu sur les branches de Poirier et sur des panneaux en contre-plaqué disposés parallèlement aux rangées d'espaliers ou entre les arbres (fig. 18). Plusieurs Insectes ont été capturés de cette manière bien que les températures maxima durant les périodes d'observation aient été respectivement de 8°2 et 8°6.

Les Psylles s'alimentent au cours de l'hiver : dans les élevages en plein air effectués dans de larges manchons de mousseline, les Insectes sont toujours rassemblés sur les rameaux de l'année, notamment à la base des dards. Par temps froid, ils se groupent aux extrémités des manchons, principalement à la partie inférieure. Ils ne résistent pas longtemps à l'inanition ; des Psylles hivernants placés à une température de 18° meurent en 4 à 5 jours ; à 4°, la mort survient entre le 20e et le 30e jour. Par contre, on les maintient facilement en vie si l'on met à leur disposition un rameau coupé dont la base plonge dans l'eau ; seul, le dessèchement du rameau entraîne leur mort. La résistance des femelles à l'inanition diminue considérablement dès le début de la ponte : elles meurent en 24 heures, comme les formes d'été.

P. pyri peut exceptionnellement s'alimenter et même pondre sur d'autres végétaux que le Poirier, mais les larves ne peuvent pas se développer : WILLE a signalé ces faits sur *Pirus malus* et sur le Cognassier. Nous avons pu maintenir en vie quelques adultes sur *Crataegus oxyacantha* du 20 janvier au 10 mars ; quelques œufs ont été pondus, mais les larves sont mortes quelques jours après l'éclosion. Les pontes ont été un peu plus nombreuses sur le Pommier ; les larves sont mortes rapidement. Dans les deux cas, la longévité des adultes a été plus faible que dans les élevages effectués sur le Poirier.

L'activité des Psylles augmente au fur et à mesure que la température s'élève ce qui est particulièrement sensible à partir du 15 février.

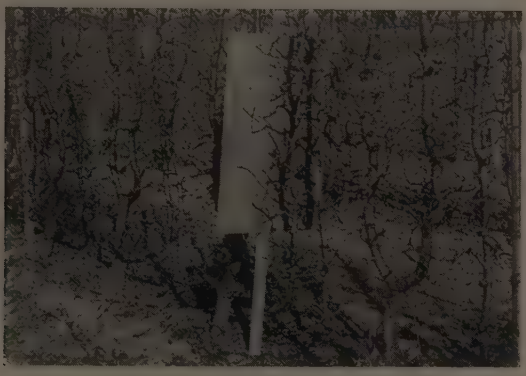


FIG. 18. — Panneau enduit de glu pour l'observation des déplacements de Psylles.

Dans la région parisienne, la plupart des Psylles abandonnent leurs abris hivernaux dès les premières journées chaudes de la fin du mois de janvier ou du début de février et regagnent définitivement les rameaux de Poirier. Ils se dispersent sur toutes les jeunes pousses par temps chaud et ensoleillé et se rassemblent en des lieux abrités par les journées froides, pluvieuses ou par grand vent ; ils se tiennent souvent dans ce cas sur les parties des branches orientées vers le sol. Ils se déplacent très activement à la fin de février ou au début de mars ; entre le 3 et le 7 mars il a été capturé sur 5 panneaux enduits de glu, mesurant 1,20 m de haut sur 0,50 m de large, placés perpendiculairement à la ligne d'arbres (fig. 18) dans un verger moyennement infesté, 131 Insectes sur la face est et 52 sur la face ouest ; les captures ont été relativement beaucoup plus importantes sur les bandes engluées que sur les panneaux-pièges.

2. — Croissance des gonades

Durant l'hiver, le développement des ovaires et des testicules est très lent. Les mâles possèdent des spermatozoïdes actifs dans la vésicule séminale dès les premiers jours qui suivent la mue imaginale ; par la suite, la taille de la vésicule séminale augmente alors que celle des testicules diminue.

Les premiers ovocytes sont visibles dans les ovarioles une quinzaine de jours après la mue imaginale ; la croissance est lente jusqu'au début du mois de janvier. Cependant, dès les premiers jours de décembre, les ovocytes les plus âgés arrivent au stade de développement qui précède leur infection par les symbiotes ; ils sont alors susceptibles d'achever rapidement leur croissance si la température est suffisamment élevée. C'est ainsi que des Psylles récoltés vers le 10 décembre, exposés à une température constante de 18° commencent à pondre au bout de 8 à 10 jours ; au début du mois de janvier, ce délai est réduit à 3 ou 4 jours.

En plein air, la ponte peut débuter à la fin du mois de janvier ou au début de février à la suite de quelques belles journées. A Versailles, les premières pontes ont été notées le 20 janvier 1951 et 1952, le 20 février 1953, le 12 février 1954 (le 20 janvier à Brétigny-sur-Orge), le 5 février 1955.

L'accouplement n'a pas lieu avant le début du mois de janvier, mais il peut se produire beaucoup plus tôt si les Insectes sont élevés au laboratoire.

Les mâles sont capables d'assurer la fécondation peu après la mue imaginale, mais l'accouplement semble lié à l'état physiologique des femelles ; la copulation n'est effectuée en général qu'après la pénétration des symbiotes dans l'ovocyte ; dans les élevages expérimentaux, elle peut s'effectuer avant ce stade, mais cela n'a jamais été observé en plein air. Il ne semble pas que l'accouplement soit lié à des conditions extérieures ; en effet, les premiers cas de fécondation ont été notés au moment où la photopériode est voisine du minimum ; des Psylles accouplés ont été observés par temps de brouillard et à une température de + 5°.

La physiologie des Psylles hivernants et les conditions régissant le déclenchement de la ponte ont été étudiées dans un autre mémoire (Bonnemaison et Missonnier, 1955).

3. — Ponte des formes hivernales

Les premiers œufs sont déposés isolément ou en groupes comprenant au maximum 6 à 7 œufs disposés en file, soit dans les crevasses des jeunes rameaux soit à la base des bractées primaires des bourgeons (fig. 19-20) ;

ils sont fréquemment accolés bout à bout, l'extrémité la plus large de l'un recouvrant l'extrémité la plus étroite de l'autre ; les pontes sont parfois déposées sur les branches charpentières.

FIG 19. — Ponte de femelle hivernante sur un dard de Poirier.

Dans tous les cas, la femelle ne place ses œufs que dans une dépression de l'écorce.

L'emplacement des pontes est fortement influencé par les conditions locales. L'un des vergers où ont été effectuées les observations était pro-

FIG. 20. — Ponte de femelle hivernante sur un bourgeon de Poirier.

tégé au nord par un bois ; les vents dominants soufflaient de l'est et du sud-est. Le 29 mars 1950, il a été dénombré 700 œufs sur la moitié nord-ouest des rameaux contre 100 sur la moitié sud-est ; les pontes étaient

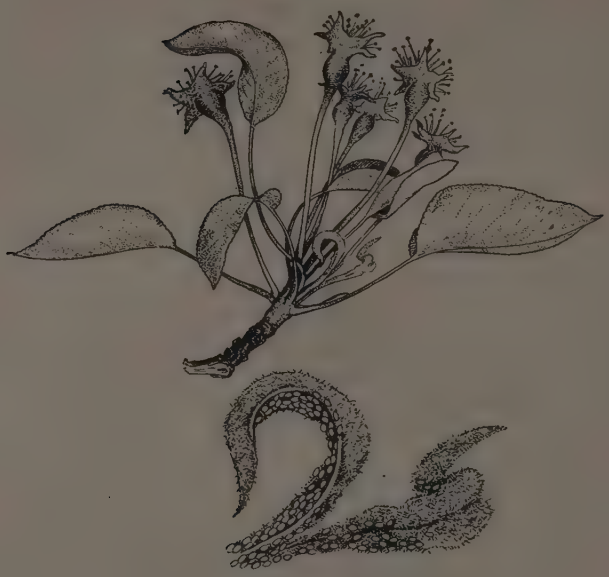


FIG. 21. — Ponte de *P. pyrisuga* sur une jeune feuille de Poirier.

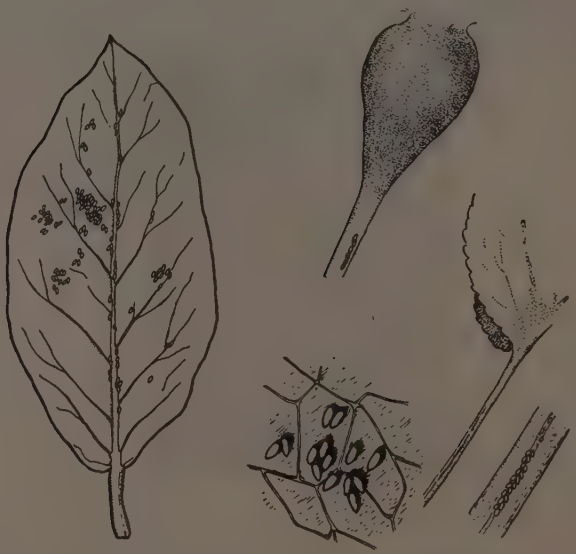


FIG. 22. — Localisation des pontes de *Psylla pyri L.*

aussi plus abondantes sur les parties des branches orientées vers le sol ou placées à l'abri du vent et de la pluie. La délimitation des lieux de ponte semble donc dépendre de deux facteurs : la possibilité d'alimentation des adultes et la recherche des lieux abrités.

La localisation des Psylles et des pontes se modifie au fur et à mesure du développement des bourgeons. A la fin du mois de mars et au début d'avril, la plupart des bourgeons floraux parviennent aux stades D et E, d'après la notation de FLECKINGER ; les Insectes se tiennent alors uniquement sur les organes végétatifs verts et y déposent leurs pontes en paquets pouvant comprendre 60 et même 130 œufs. Contrairement à ce qui se produit pour *P. pyrisuga* (fig. 21) ces pontes n'entraînent aucune déformation des tissus végétaux en cours de croissance. Alors qu'au début de la période de ponte, les Psylles se déplacent fréquemment, ils restent généralement au même endroit dès qu'ils trouvent des tissus tendres et que la ponte a commencé : une femelle est restée pendant une semaine sur une jeune feuille, à proximité de sa ponte.

A partir du stade E2, la ponte est faite de façon plus dispersée. Les œufs sont alors déposés sur les pédoncules floraux, les pétioles ou encore à la surface des feuilles ; ils sont disposés en files le long des pédoncules ou des pétioles, de part et d'autre de la nervure principale (fig. 22) et le plus souvent répartis en paquets de 4 à 80 œufs déposés indifféremment sur les deux faces du limbe.

Les Psylles hivernants élevés à l'extérieur dans des cylindres de mousseline peuvent vivre jusqu'au mois de juillet, mais la plupart meurent au début du mois de mai (fig. 23). Dans les conditions naturelles, leur nombre diminue très rapidement au cours du mois d'avril et il est difficile d'en trouver après le 1er mai ; ils meurent donc bien avant d'avoir émis la totalité de leurs ovules. Il ne semble pas que chaque femelle ponde plus de 150 à 200 œufs et le rythme de ponte est étroitement lié à la température extérieure.

4. — Étude expérimentale de la ponte des formes hivernales

Cette étude a été faite avec des Psylles récoltés en plein air au début du mois de mars ; ils ont été élevés par couples sur des rameaux coupés de Poirier placés dans des cagettes coniques confectionnées avec du rhodoïd et de la mousseline et changés régulièrement tous les 4 à 5 jours ; chaque lot comprenait une dizaine de couples. Vingt couples ont été placés à l'extérieur sous un abri sommaire afin de suivre les fluctuations de la ponte en fonction des facteurs climatiques ; les résultats de ces dernières observations seront examinés dans le chapitre IV.

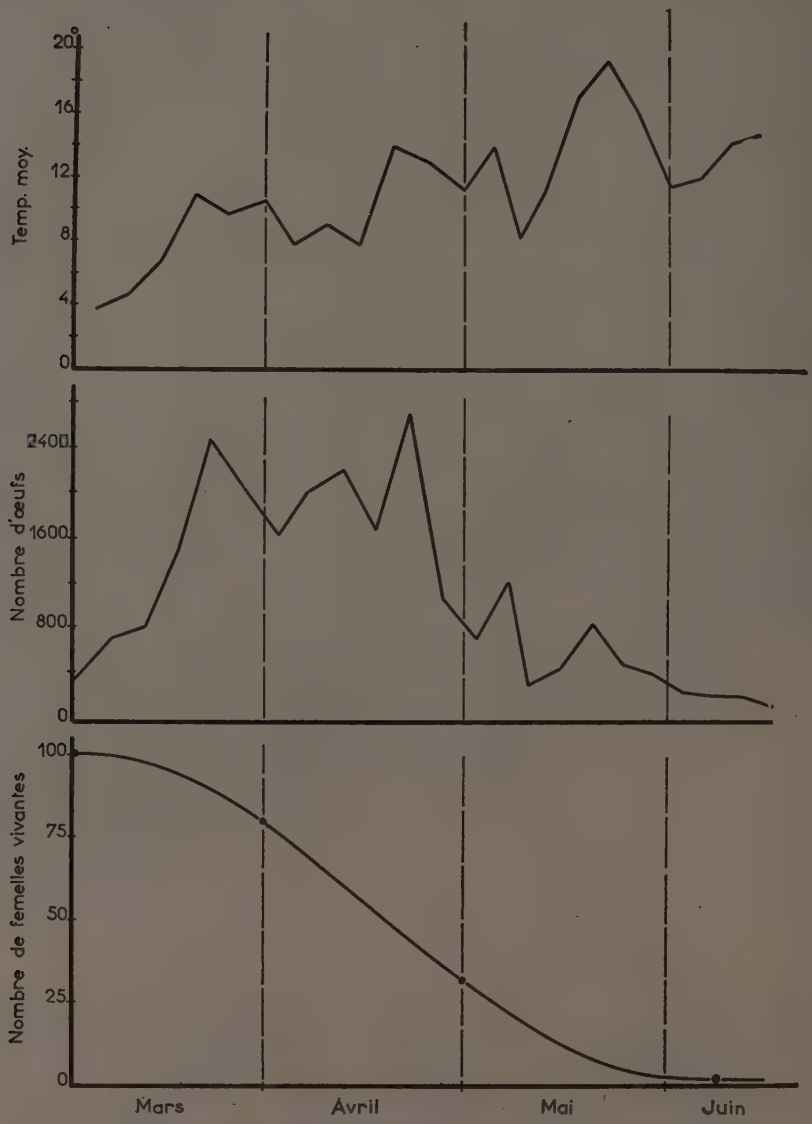


FIG. 23 et 24. — Importance des pontes des formes hivernales de *P. pyri*, à l'extérieur, compte tenu de la mortalité des adultes (fig. du bas).

L'étude de l'action de la température et de la durée de l'éclairement a été faite sur 8 lots soumis aux conditions suivantes :

Lot n°	Température	Nature de l'éclairement.	Durée journalière d'éclairement
1.....	12°	naturel	11 à 14 h
2.....	15	artificiel (1)	16 h
3.....	15	»	12 h
4.....	15	»	8 h
5.....	19	»	16 h
6.....	19	naturel	11 à 14 h
7.....	24	artificiel (1)	16 h
8.....	24	»	8 h

(1) : éclairage assuré par deux tubes fluorescents de 40 watts, du type « Lumière du jour », placés à 50 cm des élevages.

a) **Influence de la durée de l'éclairement.** — Ce facteur ne semble pas intervenir sur la fécondité moyenne journalière (fig. 25) ; pour chacune des photopériodes, à la température de 15° comme à celle de 24°, les courbes de ponte des femelles sont à peu près également dispersées ; mais il semble qu'au début de la période de ponte, le rythme de dépôt des œufs soit un peu plus élevé dans les lots exposés à une photopériode de longue durée.

Par contre, les longues photopériodes diminuent la longévité des adultes et, par conséquent, la fécondité totale ; cette action est accusée à 15 et à 19° (tableau n° III) puisque les écarts sont respectivement de 35 et de 25 p. 100 ; ils sont beaucoup plus importants à 24° ; sous 16 heures d'éclairement, la longévité moyenne des femelles n'est que le quart de celle des Psylles exposés à une photopériode de 8 heures ; ces essais ont été répétés et ont donné sensiblement les mêmes résultats.

La ponte a lieu principalement pendant la période d'éclairement. A la température de 15° et sous une photopériode de 8 heures, 30 p. 100 des pontes et 37 p. 100 des œufs ont été déposés pendant la période d'obscurité. A 24° et sous 16 heures, d'éclairement 27 p. 100 des pontes et 19 p. 100 des œufs ont été déposés pendant la nuit ; il est à remarquer que la proportion des œufs pondus pendant la phase obscure est sensiblement deux fois plus élevée dans l'élevage effectué sous une photopériode de 8 heures que sous celle de 16 heures, bien que la fécondité moyenne journalière ait été beaucoup plus importante dans le second cas.

b) **Influence de la température.** — La température a une action très marquée sur la fécondité moyenne journalière ; celle-ci est directement proportionnelle à la température.

Températures	Fécondité moyenne journalière
12°.....	2,2 œufs
15°.....	9,2 »
19°.....	14,0 »
24°.....	17,2 »

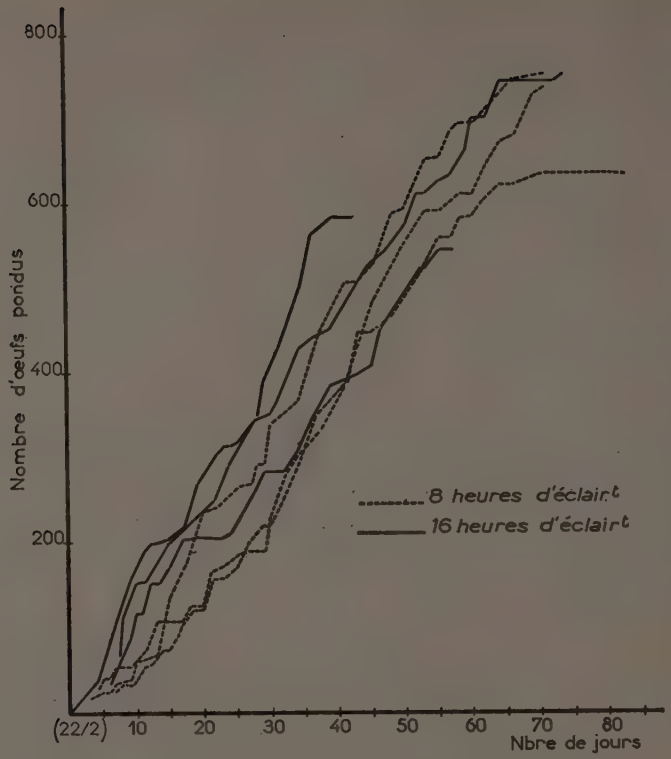


FIG. 25. — Courbes de ponte de *P. pyri* en fonction de la durée d'éclairement, à 15°.

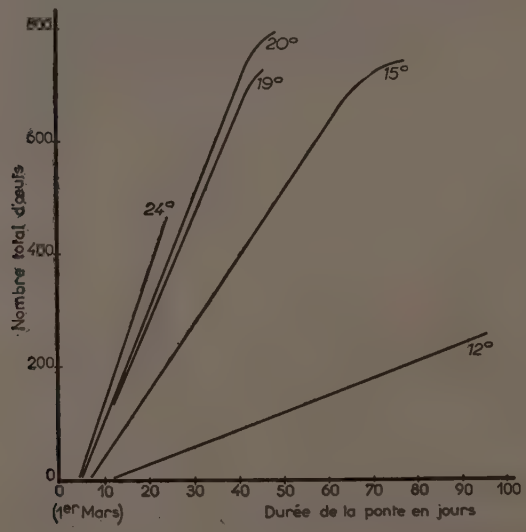


FIG 26. — Courbes moyennes de ponte des Psylles de forme hivernale en fonction de la température.

On voit qu'à la température de 12°, la ponte moyenne journalière est très faible ; une augmentation de température de 3° en quadruple l'intensité. On pourrait donc supposer que la ponte ne puisse se produire au dessous de 10° ; dans les conditions naturelles, la ponte a lieu à des températures moyennes journalières très faibles ; aux températures moyennes de 10-12°, le nombre des œufs pondus est deux à trois fois plus élevé qu'aux températures constantes correspondantes ; ce phénomène s'atténue aux températures voisines de 15°.

Aux différentes températures constantes étudiées, les courbes de ponte sont sensiblement linéaires, elles ne s'infléchissent qu'à la fin de la période de ponte (fig. 26). Il existe d'assez grandes différences individuelles ; à 15° par exemple, la fécondité moyenne journalière varie entre 5 et 14,5.

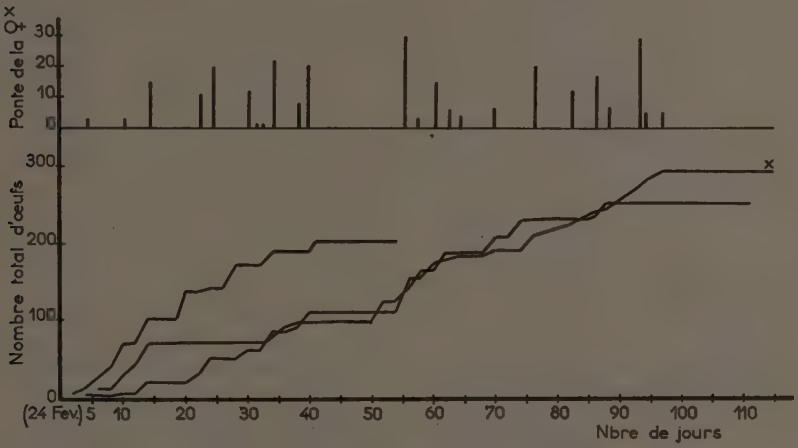


FIG. 27. — Courbes de ponte de *P. pyri* à 12°.

Le nombre d'œufs pondus en une journée par une femelle peut être élevé : à 12°, la ponte comprend souvent 8 à 10 œufs, rarement 25 (fig. 27) ; à 15°, les pontes journalières de 25 œufs sont assez fréquentes ; elles sont exceptionnellement de 40 œufs. Enfin, à 24°, les pontes sont souvent de 40 et parfois de 60 œufs.

Il peut y avoir un arrêt de la ponte lorsque l'alimentation est déficiente (rameau plus ou moins desséché) ; la ponte reprend rapidement et est importante dès que la nourriture est satisfaisante.

La ponte a lieu d'une façon plus ou moins rythmique ; elle s'interrompt à des intervalles de temps variables. Aux températures égales ou supérieures à 15°, la ponte cesse pendant un jour ou deux puis reprend. Au cours de chaque période de ponte il est souvent déposé jusqu'à 150 œufs. A 12° (fig. 27) ; il y a des périodes de repos prolongé, les œufs sont

émis pendant 2 à 4 jours puis il survient un arrêt d'une durée de 4 à 16 jours ; le nombre des œufs émis chaque fois est faible, généralement inférieur à 30. L'existence d'un cycle de ponte défini est difficile à mettre en évidence en raison de la variabilité du nombre des ovarioles (60 à 80).

Longévité des adultes et fécondité totale. — Entre 12 et 24° les longé-

TABLEAU III

Longévité, fécondité totale et fécondité moyenne journalière en fonction de la température et de la photopériode (formes d'hiver)

Conditions exp.	12° — Ecl. Nat.			15° — 16 h			15° — 12 h			15° — 8 h		
	Longévité	Nombre total d'œufs	Moyenne journ.	Longévité	Nombre total d'œufs	Moyenne journ.	Longévité	Nombre total d'œufs	Moyenne journ.	Longévité	Nombre total d'œufs	Moyenne journ.
	10	45	4,5	12	83	7	12	29	2,5	9	16	2
	12	5	0,4	18	264	14,5	15	203	13,5	32	291	9
	16	26	1,6	30	345	11,5	17	125	7	37	179	5
	20	6	0,3	33	202	6	21	106	5	69	742	11
	30	0	0	42	583	14	53	707	13	74	753	10
	32	104	3,2	44	512	11,5	75	389	5	81	637	8
	40	18	0,45	58	547	9,5	81	798	10			
	54	206	3,8	72	750	105						
	111	254	2,3	91*	159		35*	110				
	113	295	2,6									
Moyenne totale		96			411			337			436	
Moyenne journalière ..			2,2			10,6			8,6			8,5
Longévité moyenne ..	44			34			39			51		

Conditions exp.	19° — 16 h			19° — Ecl. Nat.			24° — 16 h			24° — 8 h		
	Longévité	Nombre total d'œufs	Moyenne journ.	Longévité	Nombre total d'œufs	Moyenne journ.	Longévité	Nombre total d'œufs	Moyenne journ.	Longévité	Nombre total d'œufs	Moyenne journ.
	6	113	19	9	73	8	2	17	8	8	212	26
	7	40	5,5	21	223	11	4	56	14	14	321	24
	7	105	15	23	434	19	4	50	13	30	784	26
	9	51	5,5	31	399	13	5	146	29	38	856	23
	11	199	18	31	584	19	6	83	14	49	759	15
	15	61	4	45	521	12	8	129	16	76	557	7
	19	258	13,5	45	692	15	8	158	20			
	22	297	13,5				8	202	25			
	43	758	17,5				9	173	19			
	75	940	12,5				10	225	22			
							13	107	16			
							14	422	30			
							23	361	16			
Moyenne totale		282			418			174			581	
Moyenne journalière ..			13,8			14,2			18,2			16,2
Longévité moyenne ..	21,4			29			9			36		

* Ces deux femelles ont présenté un cycle de ponte anormal (Cf. page 293) ; il n'en a pas été tenu compte dans le calcul des moyennes.

vités moyennes sont inversement proportionnelles à la température (tableau n° III) ; celle des mâles est inférieure à la moitié de celle des femelles.

La fécondité totale a été faible dans deux lots : celui soumis à l'éclairement naturel et à une température de 12° et celui élevé à 16 heures d'éclairement et à 24° ; pour les autres lots, les chiffres maxima de ponte sont compris entre 550 et 940 ; la fécondité moyenne de 43 femelles a été de 400 œufs. WILLE (1950) mentionne des chiffres beaucoup plus faibles : le nombre moyen d'œufs pondus par femelle a été de 254 et le maximum de 388.

A leur mort, la plupart des femelles possèdent encore de nombreux œufs mûrs ; les plus prolifiques n'ont plus que 1 à 5 œufs mûrs alors qu'un Psylle en cours de ponte peut présenter 60 à 80 ovocytes à maturité très avancée dans les ovarioles et l'utérus.

Il n'a jamais été constaté d'anomalies au cours de la ponte ou à la fin de la vie des femelles : les œufs ont toujours été viables à la condition qu'il y ait eu des mâles pendant toute la durée des expériences.

Il n'a pas été observé de résorption ovocytaire, même dans les conditions les plus défavorables : basse ou forte température, sous un éclairement de longue durée. Il est cependant à noter que, dans les élevages à 24°, les œufs fertile sont généralement une couleur très claire, jaune pâle au lieu de jaune orangé.

Deux cas d'arrêt total de ponte ont été observés à une température de 15°, l'un sous une photopériode de 16 heures et l'autre sous une photopériode de 12 heures ; chaque femelle a pondu une centaine d'œufs en une dizaine de jours ; l'une est morte 25 jours plus tard, l'autre a vécu encore 70 jours et n'a pondu que 40 œufs en 3 jours. Les ovaires étaient apparemment normaux et renfermaient des œufs mûrs.

c) **Influence de la fécondation.** — Quatorze femelles du type hivernal, obtenues expérimentalement, ont été isolées dès la mue imaginale et ont été élevées sous une photopériode de 16 heures. Trois d'entre elles n'ont jamais pondu, bien qu'elles aient vécu respectivement 99, 108 et 139 jours ; à leur mort, l'abdomen était distendu par l'accumulation des œufs mûrs, et apparemment normaux, dans les ovarioles et l'utérus.

Les autres femelles ont donné des œufs de teinte claire présentant au pôle aboral la tache habituelle dûe au mycétome ; aucun d'eux n'a éclos. Ils sont restés longtemps turgescents puis le vitellus est devenu jaune orangé, a présenté des taches circulaires plus foncées et s'est contracté. Il est apparu des calottes hyalines, très claires aux deux extrémités de l'œuf, sans qu'il y ait eu d'aplatissement du chorion ; les œufs se sont ensuite desséchés lentement.

La fécondité des femelles vierges est faible : 6 d'entre elles ont pondu

moins de 20 œufs en 3 semaines ; les 5 autres ont été un peu plus prolifiques.

Au cours de l'expérience, 6 femelles ont été mises en présence de mâles : la ponte est aussitôt devenue normale (fig. 28). L'accouplement a donc favorisé la ponte, mais il n'est pas nécessaire pour le développement des ovules ainsi que cela a été signalé chez beaucoup d'Insectes (WIGGLESWORTH, 1951).

Bien qu'il y ait une rétention marquée de la ponte chez les femelles vierges, il n'a pas été constaté de phénomène de résorption ovocytaire.

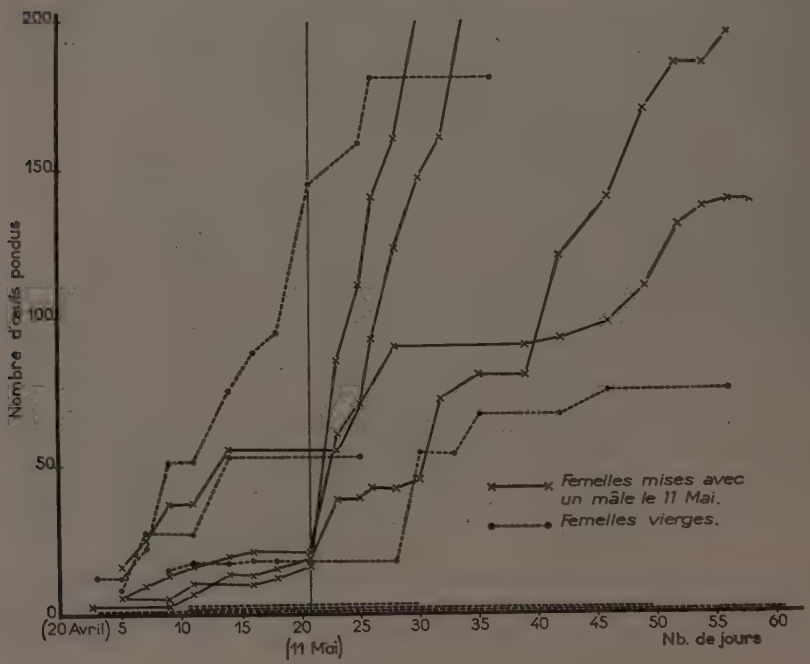


FIG. 28. — Influence de la fécondation sur la ponte des femelles de *P. pyri*.

B. — PREMIÈRE GÉNÉRATION

Nous avons vu que la ponte des Psylles hivernants s'échelonnait depuis les derniers jours de janvier jusqu'au début du mois de mai, mais qu'elle n'était importante qu'à partir du 15 mars (fig. 24). L'éclosion a lieu à partir de la fin du mois de février, mais les larves qui apparaissent avant que les bourgeons à fleurs ne soient parvenus aux stades C et D, d'après la notation de FLECKINGER, meurent car elles ne disposent pas de tissus tendres leur permettant de s'alimenter. Les œufs placés à la base

des écailles de premier ordre sont souvent entraînés au sol lors de la chute de ces dernières.

Les larves néonates sont incapables d'effectuer des déplacements importants ; la mortalité est élevée durant le mois de mars, et une faible proportion des larves parviennent à gagner les bourgeons ayant atteint les stades C et D ; elles se rassemblent alors sur les jeunes feuilles ou les pédoncules floraux. Quand les jeunes organes végétatifs du Poirier sont fortement pubescents, les larves néonates se déplacent difficilement à la surface du feutrage et sont souvent incapables de s'alimenter. Les larves issues de pontes déposées sur les bourgeons éclatés n'éprouvent aucune difficulté à s'alimenter.

1. — Développement de l'œuf

Au moment de la ponte, l'œuf est opalescent et présente à sa partie postérieure une tache jaune orangé dûe au mycétome ; il se pigmente peu à peu en jaune orangé, la coloration débutant au pôle antérieur. Quelques jours avant l'éclosion, l'emplacement des yeux est décelable par deux petites taches rouges situées au tiers antérieur ; au pôle postérieur, la tache circulaire foncée du mycétome est toujours visible. Il se produit un décollement interne au pôle oral ; on distingue à ce niveau l'épine supérieure du *ruptor-ovi* sous la forme d'un petit cône noir.

La durée du développement embryonnaire à différentes températures constantes est indiquée sur le tableau nº IV et le graphique nº 29. L'éclosion des œufs est étroitement liée à l'état du substrat ; le dessèchement de la feuille ou du rameau entraîne la mort des œufs qu'ils supportent. Dans le cas où les pontes sont déposées sur des feuilles qui se dessèchent partiellement, les œufs fixés sur la partie vivante éclosent normalement ; les autres se contractent, se rident et meurent même si la feuille est placée dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau. Il est donc vraisemblable que les œufs puisent de l'eau dans la plante, ainsi que l'ont supposé Weber (1935) pour *Asterochiton vaporiarorum* Westw. et Wilcke (1941) pour *Psylla buxi L.*

Wille (1950) a essayé de vérifier cette hypothèse en plaçant des rameaux feuillus de Poirier porteurs d'œufs de *Psylla pyri* dans des solutions d'éosine à 0,1 p. 100, ou de bleu de méthylène. Il a constaté qu'il se produisait une accumulation de colorant dans les tissus végétaux au niveau de l'insertion du bec de l'œuf, ce qui laisse présumer une pénétration d'eau dans les œufs.

Wilcke a décrit dans le pédoncule de l'œuf de *Psylla buxi* un groupe de cellules auxquelles il attribue un rôle particulier dans l'approvisionnement de l'œuf en eau ; ce pédoncule est rempli de vitellus, lorsque l'œuf est dans les ovaires ou dans les oviductes. Au moment du passage devant

l'ouverture du canal du réceptacle séminal, le spermatozoïde pénètre par le pore terminal du pédoncule ; il se produit aussitôt une rétraction du vitellus, ce qui interdit la pénétration d'un autre spermatozoïde. Durant les premières phases de l'embryogénèse, des cellules particulières se différencient face à l'ouverture du pédoncule et émettent des prolongements cytoplasmiques à l'intérieur de celui-ci ; elles créent ainsi une voie de communication avec la plante-hôte.

Nous avons essayé en vain de prouver le transfert de l'eau de la feuille dans l'œuf en employant un insecticide endothérapique, le déméton. Ce produit a été appliqué à différentes concentrations, les plus fortes atteignant 0,5 p. 100, en divers endroits de la plante : sur la face du limbe opposée à celle où étaient déposés les œufs, sur toutes les autres feuilles du rameau, dans l'eau où plongeait la branche coupée, etc. Les applications ont été faites 1, 2, 3 jours etc., avant l'éclosion et ont été répétées à plusieurs reprises durant le développement embryonnaire. A l'exception d'un cas, tous les œufs ont éclos normalement, mais les larves néonates sont mortes peu après leur éclosion. L'insecticide ne semble donc pas avoir pénétré dans l'œuf, mais cela n'infirme pas l'hypothèse émise : la quantité d'eau absorbée peut être tellement faible qu'elle n'entraîne pas suffisamment d'insecticide pour tuer l'embryon ou les molécules complexes du déméton peuvent être retenues par suite des propriétés d'hémiperméabilité du cytoplasme vivant.

Après avoir découpé le chorion de l'œuf, la jeune larve se dégage par une série de mouvements péristaltiques ; au bout de quelques minutes, elle n'est plus retenue dans l'enveloppe de l'œuf que par l'abdomen ainsi que par les extrémités des pattes postérieures ; elle se dresse alors presque perpendiculairement au substrat. Ce n'est que lorsque ses pattes sont toutes libérées que la larve s'accroche à la surface du végétal pour se dégager du chorion ; ses stylets restent reliés pendant un certain temps à ce dernier.

2. — Développement larvaire

Les larves s'alimentent très peu de temps après l'éclosion et sont rapidement englobées dans une gouttelette de miellat ; contrairement à ce qui se produit pour d'autres Psylles, les secrétions cireuses sont faibles et se manifestent sous forme de traînées blanches à la surface du miellat. Cette production de cire n'augmente pas sensiblement au cours du développement larvaire.

Des œufs et des larves ont été élevés à différentes températures constantes ; les durées des divers âges sont indiquées par le tableau nº IV et le graphique nº 29.

TABLEAU IV

Durée de développement de l'œuf et des différents âges larvaires de P. pyri *en fonction de la température*

Températures	Œuf	1er Age	2e Age	3e Age	4e Age	5e Age	Total
10°	23	13	10	10	13	26	95
18°	10	6	5	5	6	11	43
23°	7,5	4	3,5	3,5	5	8	32

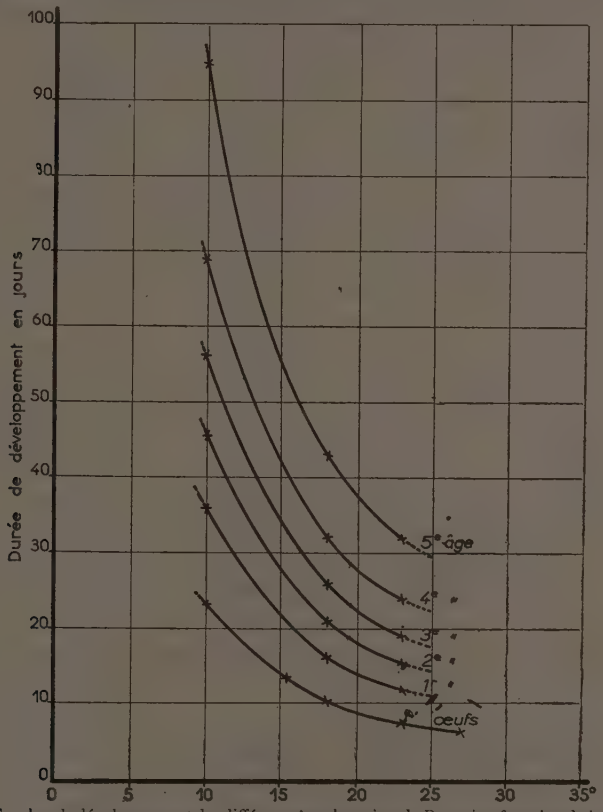


FIG. 29. — Courbes de développement des différents âges larvaires de *P. pyri* en fonction de la température

La construction des courbes de vitesse de développement (fig. 30) montre que le seuil théorique de développement est voisin de 4° pour tous les âges larvaires.

Dans les conditions naturelles, le développement des Psylles est relativement plus rapide. Les larves provenant de pontes effectuées avant le 10 mars 1950 (aucune éclosion n'ayant été notée à cette date) sont devenues adultes à partir du 28 avril ; les températures moyennes ont été

de 8°,6 et 8°,3 pour les deux dernières décades de mars, de 9°,1, 7°,5 et 8°,5 pour les trois dernières décades d'avril, soit une température moyenne de 8°,4 entre le 10 mars et le 30 avril.

Les observations faites en 1951 montrent que des œufs pondus aux environs du 13 mars, du 25 mars et du 25 mai ont donné respectivement des adultes aux dates suivantes : dernière décade du mois de mai, derniers jours de mai et 1er juillet. Les durées de développement, de la ponte

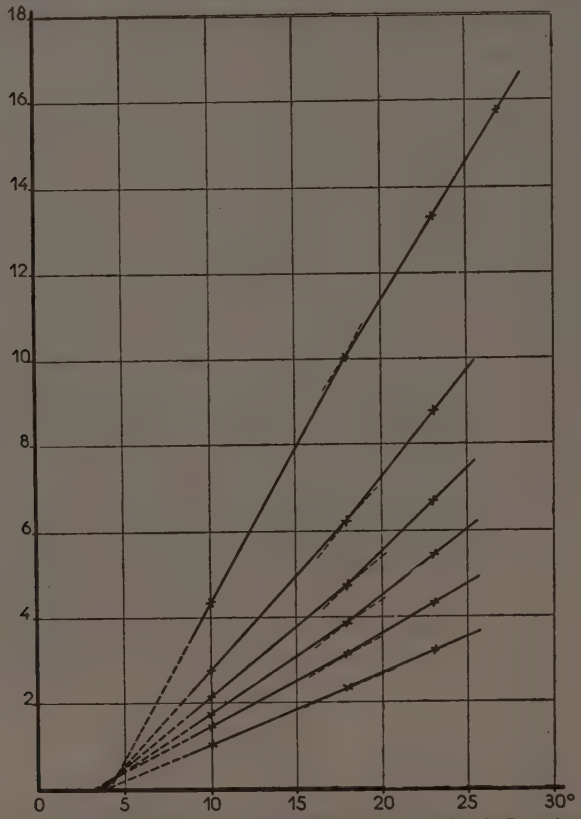


FIG. 30. — « Vitesses » de développement des différents âges larvaires de *P. pyri* en fonction de la température.

à la mue imaginale, ont donc été de 70 jours sous une température moyenne inférieure à 9°, de 60 jours à 10° et de 35 jours à 15°,4. Les températures moyennes par décades en 1951 avaient été les suivantes :

	Mars	Avril	Mai	Juin
1ère décade	2,78	7,89	10,65	14,92
2e —	8,89	8,55	10,46	15,93
3e —	5,30	9,32	14,64	15,37
Moyenne mensuelle	5,64	8,59	12,0	15,41

Les températures variables de l'extérieur ont donc, comme pour la ponte, notablement accéléré le développement par rapport aux températures constantes correspondantes.

Quand les bourgeons viennent seulement d'éclater, les larves se glissent sous les écailles pour atteindre les tissus verts. Lorsque la ponte a lieu sur les bourgeons floraux, on trouve les jeunes Psylles à la base des pédoncules ou dans la fleur, ou encore dans l'œil du fruit ; dans tous les cas, leur tête est constamment engagée entre les pédoncules ou à la base des étamines. Les larves provenant d'œufs déposés à la face supérieure de la feuille en gagnent rapidement la face inférieure. Celles qui sont issues de pontes placées à la partie inférieure ont souvent la tête appuyée contre le chorion vide ou un œuf non éclos ; on en trouve également contre la nervure principale, à son intersection avec les nervures secondaires, et aussi en des points quelconques du limbe. Après la mue, les larves restent fréquemment près de leur exuvie.

Les larves sont souvent groupées : ceci paraît résulter davantage d'une recherche de conditions de milieu optima (alimentation notamment) que d'un instinct grégaire. A ceci vient s'ajouter un stéréotropisme marqué : les larves ont toujours la tête dirigée vers le bas, engagée dans l'angle que forme la tige avec les pétioles, les bourgeons axillaires ou les dards ou encore sous l'abdomen des larves qui les précèdent.

Les trois premières mues s'accomplissent sur la feuille ; les larves se déplacent peu pendant les trois premiers âges ; après la mue, on les trouve généralement au voisinage de l'endroit qu'elles occupaient auparavant. Au contraire, aussitôt après la troisième mue, les larves abandonnent généralement les feuilles et vont se fixer à la base du pétiole, sur les jeunes rameaux ou sur les pédoncules des fruits ou sur le calice ; des larves peuvent gagner les rameaux de 2 ans, mais elles se cantonnent généralement sur les dards ; dans les deux cas, elles se tiennent à l'intersection de la tige et des pétioles ou de la tige et des dards. Ce changement de comportement est accompagné d'un assombrissement général de la teinte de l'Insecte.

La cinquième mue est précédée d'un nouveau déplacement ; à la fin du 5^{e} âge, la larve abandonne l'endroit où elle se trouve, gagne la face supérieure, et plus rarement la face inférieure de la feuille ; la mue imaginale se produit alors très rapidement.

Le processus de la mue est le même pour les différents âges : nous nous bornerons à décrire la dernière ; les observations suivantes ont été faites au laboratoire à une température moyenne de 18°. De 12 heures à 24 heures avant la mue, les téguments de l'animal se distendent et la coloration générale de l'Insecte s'éclaircit ; la longueur totale augmente considérablement jusqu'au moment même de la mue ; une à deux heures avant celle-ci, la larve abandonne le rameau et se porte sur une feuille ;

les stylets, insérés dans les tissus foliaires, constituent un organe de fixation pendant toute la durée de la mue. Le tégument se déchire dans la région médio-dorsale de la tête et du prothorax ; l'animal se dégage lentement par des mouvements alternés de contraction et d'extension ; dès que les ailes sont dégagées de l'exuvie, elles s'écartent du corps et se disposent presque perpendiculairement à l'axe de celui-ci ; parallèlement, les pattes se dégagent et s'écartent également. Il y a, à ce moment, un bref temps d'arrêt, puis l'animal reprend ses mouvements et arrive à se dégager complètement de l'exuvie en s'agrippant avec ses pattes. Il s'écoule environ 1 h. 30 entre le moment où l'Insecte enfonce ses stylets dans le limbe et celui où il est complètement libéré de la dépouille larvaire. A ce moment, les ailes ont encore la forme des fourreaux alaires du 5e âge ; elles sont opaques, mais les nervures principales sont discernables ; elles s'allongent rapidement en commençant par la base ; le développement des ailes est achevé 10 minutes environ après le moment où l'Insecte s'est dégagé de l'exuvie. L'adulte a alors une teinte très claire, jaune ou verdâtre ; il n'acquiert sa coloration définitive que 36 à 48 heures après la mue. Pour les autres âges, la pigmentation se développe beaucoup plus rapidement, le plus souvent en moins de 6 heures.

3. — L'adulte

En plein air, nous avons observé les premiers adultes à partir des derniers jours d'avril (du 4 mai en 1951) et nous n'avons plus trouvé de larves au quatrième âge au-delà du 15 mai, sauf en 1951, où des larves du quatrième âge ont été observées jusqu'au 25 mai.

L'accouplement peut se produire moins de 24 heures après la mue du mâle ou de la femelle, alors que l'Insecte n'a pas encore acquis sa couleur définitive. Wille n'a noté que des coïts entre des mâles âgés et des femelles qui n'étaient pas encore complètement colorées. Le mâle, les ailes un peu relevées au-dessus du corps se place le long de la femelle, indifféremment d'un côté ou de l'autre. Il fait pivoter l'extrémité de son abdomen de 90° autour de l'axe du corps, soulève les ailes de la femelle avec ses forceps, applique ceux-ci sur les ailes des gonapophyses latérales et s'agrippe au prothorax de la femelle avec les pattes antérieures. Dès que l'accouplement est réalisé, le mâle ramène partiellement les derniers segments de son corps vers leur position verticale normale de sorte que l'extrémité de son abdomen est placée sous celui de la femelle, le segment portant l'anus étant complètement rabattu vers l'avant ; le mâle accouplé apparaît donc plié en arc de cercle alors que la femelle a une position presque normale. Le couple peut se déplacer lentement et est même capable de sauter.

L'accouplement peut durer une demi-heure. Il peut s'effectuer dans des espaces très restreints, dans des tubes de verre par exemple. A l'extérieur, on trouve des couples aussi bien sur le feuillage que sur les rameaux. Chez les formes d'été, les accouplements se font surtout par temps chaud, sans souci de l'ensoleillement. On peut observer alors une grande activité des mâles qui essaient de s'accoupler avec toutes les femelles qu'ils rencontrent et même avec des femelles déjà accouplées ; certains essaient même de s'accoupler entre eux ; les femelles peuvent être fécondées plusieurs fois.

La ponte peut débuter 5 à 6 jours après la mue imaginale, mais certaines femelles peuvent présenter un retard de maturité des ovaires. Au cours du mois de mai 1953 nous avons isolé les Psylles issus de plusieurs colonies larvaires jour par jour, au fur et à mesure que la mue imaginale se produisait. Nous avons disséqué les femelles à des âges différents : des femelles présentant des œufs mûrs dans les ovaires ont été observées à partir du 3e jour.

Pourcentages de femelles matures en fonction de leur âge :

1er jour	0%	5e jour	64%
2e —	0%	9e —	64%
3e —	19%	10e —	80%
4e —	24%		

Wille a montré qu'il existait une certaine tendance à la migration chez les femelles dont la maturité des ovaires est retardée. Il a disséqué les Psylles qui abandonnaient les poiriers sur lesquels ils avaient été élevés et a comparé les résultats à ceux donnés par la dissection d'une population élevée en cage :

	Nombre de Psylles examinés 8 jours après la 5e mue	% de femelles à ovaires mûrs	% de femelles présentant un début de maturité des ovaires	% de femelles ne présentant aucun dev. des ovaires
Population globale.	151	63	11,9	25,1
Migrants	21	9,5	32,2	52,3

Ces résultats sont conformes à nos observations (ils ont déjà été signalés chez les femelles du type hivernal) : les Psylles circulent activement jusqu'au début de la période de ponte ; une fois celle-ci commencée, les femelles se déplacent très peu : en liberté, certaines ont été observées plusieurs jours de suite sur les mêmes feuilles.

Les œufs sont pondus exclusivement sur les feuilles, indifféremment sur une face ou sur l'autre. Ils sont répartis uniformément sur toute la surface du limbe, parfois le long de la nervure principale, isolément ou en petits paquets de 2 à 30 œufs.

La ponte des femelles du type estival a fait l'objet des mêmes études

que celles des femelles du type hivernal. Des lots de 8 à 10 couples isolés dans des cagettes de rhodoïd et de mousseline ont été soumis aux conditions de température et d'éclairement journalier suivantes :

E_1 : 12° — Éclairement naturel (mai-juin).

E_2 : 18° — Éclairement artificiel d'une durée de 16 h.

E_3 : 18° — Éclairement artificiel d'une durée de 12 h.

E_4 : 20° — Éclairement naturel.

E_5 : 24° — Éclairement artificiel d'une durée de 16 h.

Les résultats sont sensiblement les mêmes que pour les formes d'hiver ; ils sont mentionnés sur le tableau V.

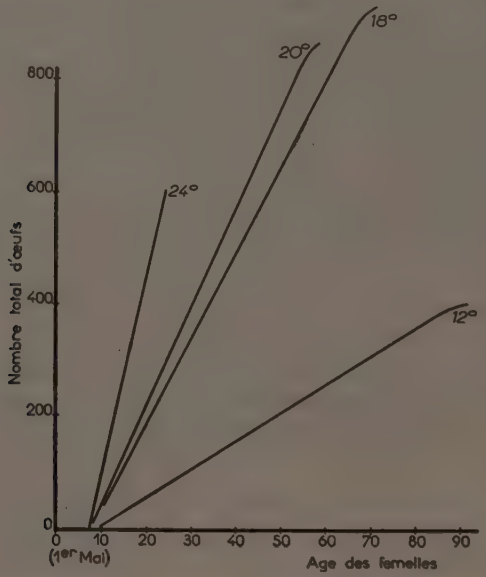


FIG. 31. — Courbes moyennes de ponte des formes estivales de *P. pyri* en fonction de la température.

A 18°, il n'y a pas d'influence de la durée de l'éclairement sur l'intensité de la ponte (les écarts constatés dans les moyennes ne sont pas significativement différents).

A 12°, il semble que l'on soit proche de la température-seuil de ponte : celle-ci est faible et présente d'énormes variations individuelles. Chaque ponte est séparée de la suivante par un long intervalle de repos de 12 à 15 jours. Dans ce lot, une femelle est morte le 46e jour sans avoir pondu, alors qu'une autre a déposé 560 œufs en 120 jours avec des périodes de repos de 6 jours au plus.

A 25°, sous 16 heures d'éclairement, les formes d'été sont très actives et ne présentent pas de mortalité anormale comme les formes d'hiver.

La fécondité journalière moyenne est donc sensiblement la même pour les deux formes de Psylles : les courbes moyennes de pontes sont assez voisines (fig. 31), mais le nombre total des œufs pondus par chaque femelle paraît plus élevé chez les formes d'été ainsi qu'en témoigne le tableau nº VI (dans ce tableau, il n'a pas été tenu compte des lots élevés à 12º et du lot de formes d'hiver élevées sous 24º et 16 heures d'éclairement). WILLE n'a pas trouvé de différence entre les pontes des deux formes : le chiffre moyen de ponte a été de 200 œufs et le maximum de 573. Dans nos expériences, la moyenne de ponte calculée sur 34 femelles a été de 580 et le maximum de 1 230 œufs. A leur mort, les femelles n'ont que très rarement émis tous leurs œufs, à l'exception de celles qui ont été très fécondes.

Comme chez les formes d'hiver, la ponte est plus ou moins cyclique ;

TABLEAU V

Longévité, fécondité totale, moyenne journalière de ponte de femelles du type estival en fonction de la température

Conditions exp.	12º — Ecl. Nat.			18º — 16 h			18º — 12 h			20º — Ecl. Nat.			25º — 16 h		
	Longévité	Nombre total d'œufs	Moyenne journ. par ♀	Longévité	Nombre total d'œufs	Moyenne journ. par ♀	Longévité	Nombre total d'œufs	Moyenne journ. par ♀	Longévité	Nombre total d'œufs	Moyenne journ. par ♀	Longévité	Nombre total d'œufs	Moyenne journ. par ♀
	119	563	4,7	113	1315	11,5	61	491	8	94	1232	13,1	59	1022	32
	46	0	0	66	630	9,5	57	752	13,2	74	1055	14,3	46	942	20,4
	46	130	2,8	57	714	12,5	57	631	11	60	726	12,1	35	574	16,4
	40	73	1,8	53	593	11,2	32	326	10,1	58	760	13,1	32	1022	32
	26	12	0,45	51	741	14,5	23	350	15,2	56	841	15	21	344	16,4
				45	350	7,8	10	49	4,9	38	497	13	19	447	23,5
				42	569	13,5				19	257	13,5	19	310	16,3
				42	704	16,7				19	246	13	18	537	30
				37	465	12,5				14	161	11,5	16	327	20,4
													16	290	18,1
Moyenne totale .		177			652			433			642			554	
Moyenne journ. .			3,2			12,2			10,4			13,4			19,7
Longévité moy. .	55			56			40			48			28		

TABLEAU VI

Répartition des femelles du type estival et du type hivernal en fonction de la fécondité totale

Nombre d'œufs pondus	Moins de 300	300 à 500	500 à 700	700 à 900	900 à 1100	1100 et plus.
Proportion des femelles :						
du type été (34)	14 %	29 %	18 %	20 %	12 %	6 %
du type hiver (45)	49 %	11 %	18 %	20 %	2 %	0 %

la durée des périodes de ponte et de repos, le nombre des œufs pondus durant chaque cycle varient dans d'assez larges proportions, même pour une femelle donnée.

C. — AUTRES GÉNÉRATIONS

En raison de l'augmentation de la température moyenne, la durée de développement des œufs et des larves est relativement plus rapide que celle des stades correspondants de la première génération.

Les larves du premier âge les plus précoces sont généralement notées entre le 15 et le 20 mai, mais elles ne sont nombreuses qu'à la fin du mois ; les adultes de la seconde génération apparaissent entre le 15 juin et le 15 juillet ; en plein air, leur longévité moyenne n'excède pas 20 à 25 jours.

La ponte est faite aux mêmes endroits que ceux qui ont été signalés pour la première génération ; par temps très chaud et fortement ensoleillé, il y a une augmentation de la proportion des œufs pondus à la face inférieure des feuilles.

Le comportement larvaire ne se modifie pas pendant les mois de juin, juillet et août : durant les trois premiers âges, les larves restent sur la face inférieure des feuilles. Au quatrième âge, elles gagnent les jeunes rameaux ou vont se placer à la base des pétioles. Elles migrent à nouveau sur l'une des deux faces du limbe au moment où la mue imaginale va avoir lieu. A partir du début du mois de septembre, on trouve fréquemment des larves de tous âges sur les feuilles, même à la face supérieure de celles-ci ; il se produit donc, à ce moment, une modification marquée du comportement qui est peut-être dûe à une diminution de l'insolation.

A l'inverse de ce que font les imagos de *P. pyricola*, ceux de *P. pyri* restent de préférence sur les parties très éclairées des arbres, sauf en cas de très forte chaleur.

Les adultes de la troisième génération apparaissent depuis le début du mois d'août jusqu'à la mi-septembre. A partir de la deuxième génération, il se produit un étalement de plus en plus grand des différentes générations qui peuvent se chevaucher au cours du mois de septembre ; il peut y avoir en présence des adultes de deux générations différentes et tous les stades de développement, de l'œuf au cinquième âge larvaire. Le nombre des générations peut varier d'une année à l'autre ; il y a eu 4 générations en 1950, une partie de la troisième et la totalité de la quatrième constituant la génération hivernante. L'année 1949 a été caractérisée par un été anormalement chaud, ce qui a accéléré le développement de la troisième génération dont les premiers adultes ont été observés le 9 juillet ; il est apparu une cinquième génération dont les premières formes adultes ont été notées à partir du mois d'octobre.

D. — HIVERNATION

En plein air l'apparition des premiers adultes hivernants est toujours constatée à partir du début du mois de septembre ; leur nombre augmente rapidement alors que celui des formes d'été diminue (fig. 32).

La ponte diminue rapidement à partir de la troisième décade de septembre ; il est exceptionnel de trouver un grand nombre d'œufs en octobre ; les larves issues de pontes tardives sont dans l'impossibilité de parvenir au stade imaginal par suite de la chute des feuilles.

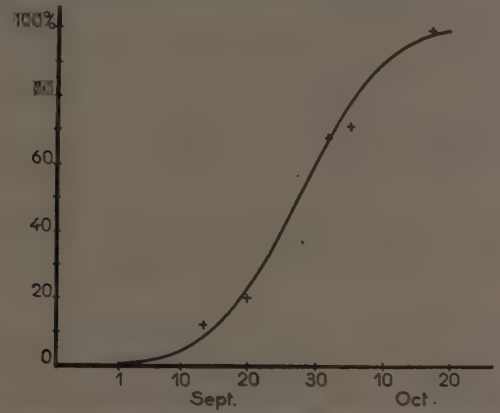


FIG. 32. — Rapports des proportions des deux formes, estivale et hivernale, de *P. pyri* au cours des mois de septembre et d'octobre.

Quand les feuilles commencent à se dessécher (au début d'octobre pour les variétés Beurré Hardy et Passe-Crassane) les larves gagnent les rameaux ; les plus jeunes se rassemblent sur les pétioles ; celles du quatrième ou du cinquième âge sont seules capables de se développer sur les jeunes branches. Les larves plus jeunes ne peuvent pas s'alimenter et périssent d'inanition ; la mortalité est, en fait, relativement faible car, à la mi-octobre, les populations de Psylles comprennent essentiellement des larves aux troisième, quatrième et cinquième âges.

Après la chute des feuilles, les larves continuent leur évolution quelle que soit la température ; dans un verger des environs de Versailles, nous avons observé des larves du cinquième âge jusqu'à la fin des mois de janvier 1953 et 1955 ; la quatrième mue avait eu lieu avant le 1er décembre. Ces larves sont devenues des imagos du type hivernal qui n'ont pas présenté de diapause (BONNEMAISON et MISSONNIER 1955).

Les adultes du type hivernal restent sur les jeunes rameaux pendant un certain temps. C'est ainsi que dans un verger où avaient été faits des essais de traitements en octobre 1950, les Psylles faisaient preuve d'une

grande activité en novembre et la densité de population imaginale était sensiblement la même dans les parcelles traitées avec des produits très efficaces et dans les témoins. Le nombre des adultes a brusquement diminué entre le 21 novembre et le 1er décembre, la température moyenne journalière durant cette période ayant varié de 2°,05 à 8°,85 ; dans l'Aveyron, il a été trouvé des adultes sur les rameaux le 10 décembre, alors qu'il neigeait.

Les adultes hivernent dans les endroits les plus variés susceptibles de leur procurer une certaine protection contre les intempéries : crevasses des arbres fruitiers et forestiers ou des poteaux, pierres, mottes de gazon ou de terre, feuilles mortes, etc...

WILLE mentionne une véritable migration des adultes de la forme hivernante, se produisant en Suisse à une date variable suivant les années : 15 novembre en 1948, 30 novembre en 1949 ; d'après cet auteur, les Psylles rechercheraient systématiquement les lieux d'hivernage, ce qui aboutirait à une forte concentration des Insectes dans les endroits favorables.

IV. — FACTEURS DE PULLULATION ET NATURE DES DÉGÂTS

L'importance des pertes occasionnées par les Psylles varie considérablement d'une année à l'autre. Elles se manifestent de façon brutale, à partir de foyers plus ou moins vastes ; les dégâts peuvent être très graves.

La pullulation de *P. pyri* est favorisée par le fait que cette espèce peut présenter 4 à 5 générations par an et qu'elle a une forte fécondité. La faculté de dispersion des adultes est considérable par temps chaud et ensoleillé, principalement pour les jeunes adultes dont les gonades ne sont pas parvenues à maturité ; en été, ils sont capables de se disperser sur de grandes surface à partir d'un foyer très réduit.

La multiplication de *P. pyri* est donc conditionnée par la température moyenne printanière et estivale et la pullulation de l'espèce est limitée par un petit nombre d'ennemis naturels.

A. — FACTEURS CLIMATIQUES

Dans la région parisienne, il peut y avoir 4 ou 5 générations annuelles : en 1949, la température moyenne élevée des mois de mai et de juin a permis l'apparition d'une cinquième génération en accélérant le développement de la seconde génération.

La température conditionne également la fécondité journalière. Nous avons étudié en 1953 et en 1954 la ponte de couples de Psylles placés à l'extérieur dans des manchons de mousseline : le nombre moyen des œufs

est fonction de la température extérieure ainsi que le montre le graphique nº 33. Cette relation n'est pas évidente si l'on examine la ponte de chaque couple en raison de l'existence d'un rythme de ponte. Il est à noter que la ponte est beaucoup plus importante à l'extérieur pour une température moyenne donnée qu'à la même température constante (tableau VII) ; les températures variables augmentent beaucoup la fécondité moyenne qui paraît être étroitement liée aux températures maxima.

Il est affirmé, assez généralement, que les plus graves dégâts sont observés par temps chaud et sec et que les pluies font périr une forte proportion de Psylles.

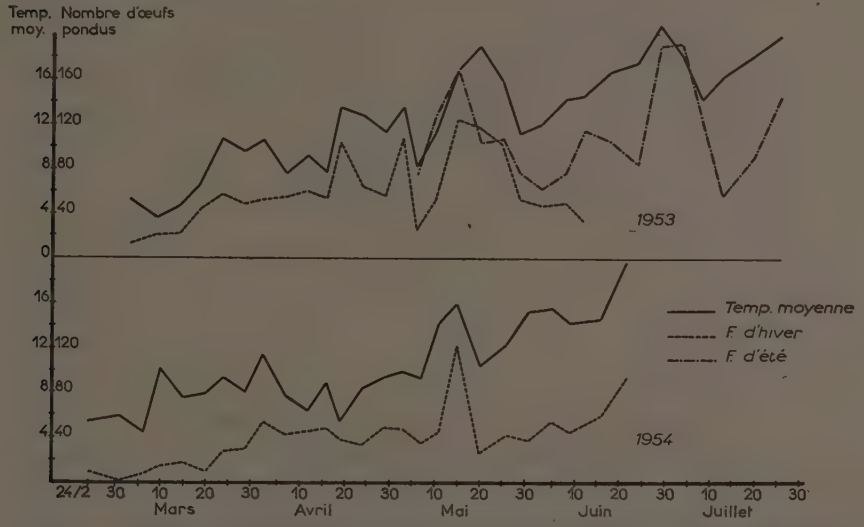


FIG. 33. — Influence de la température moyenne extérieure sur la ponte de 10 couples de *P. pyri*, par périodes de 4 à 5 jours (Formes d'hiver et d'été).

L'évolution des populations de Psylles a été suivie de 1948 à 1954 dans différents vergers de la région parisienne : à Plaisir-Grignon, à Versailles, à Chambourcy, à Gonesse et à Brie-Comte-Robert. Au cours de cette période, les pullulations les plus importantes ont été notées aux dates suivantes ; seconde quinzaine du mois d'août 1948, juin et première quinzaine de juillet 1949, octobre 1950, octobre 1952 et mai-juin-juillet 1953.

En mars et avril 1949, les Psylles étaient très peu nombreux et les pontes rares. Cependant la deuxième génération estivale a été extrêmement importante ; dès le début du mois de juillet il y avait, dans certains vergers, de très nombreuses larves au dernier âge et des adultes. Les pontes de cette seconde génération ont éclos normalement, mais presque toutes les larves au premier âge et tous les adultes ont disparu en quelques

TABLEAU VII

Fécondité moyenne de 10 femelles de P. pyri, à l'extérieur, en fonction de la température moyenne et de la température maximum

Température moyenne	Écarts entre la température moyenne et la température maximun							
	0°	+ 3°	+ 4°	+ 5°	+ 6°	+ 7°	+ 8°	+ 9°
4°.....								
5°.....								
6°.....					38*			
7°.....					45*		44	
8°.....			55	41* 54* 29*		26* 74		
9°.....			30*			47*		
10°.....		34*		60*	48*	49* 47*		
11°.....			26*	51*				57*
12°.....	22	52* 75 54*	56		48* 62	52* 126		
13°.....	27		40*			64*		
14°.....					110*		106*	
15°.....	90	115	76	128	45*			
16°.....					103* 106			
17°.....					126* 168 105		125*	
18°.....				171				
19°.....	138						117* 102	
20°.....								
21°.....								
22°.....								
23°.....								
24°.....								
25°.....	250							

* = formes d'hiver.

jours, de sorte qu'il n'y a pas eu de dégâts après le 15 juillet. La mortalité des larves est attribuable à la chaleur et surtout à la sécheresse exceptionnelle qui ont caractérisé cette période (0 m /m de précipitation entre le 8 juin et le 13 juillet). Nous avons constaté à maintes reprises que les élevages effectués dans des salles à faible H.R. présentaient une forte mortalité au cours des premiers âges larvaires. La disparition des adultes est peut-être dûe aux mêmes causes ; rappelons que les formes d'hiver élevées sous 16 h. d'éclairement et à 24° n'ont en général vécu que quelques jours ; les formes d'été ont été beaucoup moins sensibles.

Les jeunes larves sont plus sensibles aux facteurs climatiques que les larves âgées ; la pullulation des Psylles est donc principalement liée aux conditions de milieu existant au moment où il y a le maximum de larves écloses depuis peu de temps.

Si nous examinons les conditions climatiques par décades existant aux périodes correspondant approximativement au maximum de larves aux premiers âges, nous constatons que ces périodes se caractérisent, pour les années où il se produit une forte pullulation de Psylles, par une température moyenne de 14-16° et des précipitations de 10 à 20 m /m (tableau VIII).

Les pullulations automnales sont en corrélation avec un mois d'août (1948) ou de septembre (1950 et 1952) pluvieux.

TABLEAU VIII

Températures moyennes et pluviométrie par décade des mois d'août et de septembre, de 1948 à 1954

	1948		1949		1950		1951	
	Tm	m/m	Tm	m/m	Tm	m/m	Tm	m/m
Août :								
1re décade	19,1	60,4	18,1	11,7	17,5	24,7	17,8	48,2
2e —	15,1	16,2	16,7	0,2	16,6	6,6	15,9	9,0
3e —	16,4	28,6	19,8	5,0	18,2	22,3	16,0	28 6
moy. totale	*16,8*	*105,2*	*18,3*	*16,9*	*17,5*	*53,6*	*16,6*	*85,8*
Sept :								
1re décade	15,3	24,2	19,3	14,4	16,0	28,7	17,8	27,3
2e —	14,1	9,1	16,9	30,5	14,3	54,6	16,2	10,8
3e —	13,7	0,8	18,9	23,4	12,3	10,6	13,8	5 5
moy. totale	*14,7*	*34,1*	*19,0*	*68,3*	*14,2*	*93 9*	*15,9*	*43,6*

	1952		1953		1954	
	Tm	m/m	Tm	m/m	Tm	m/m
Août :						
1re décade	18,5	22,2	17,3	0	18,5	20,3
2e —	18,3	48,8	20,2	15,1	15,8	21,0
3e —	18,5	2,2	16,4	18,1	15,4	10,9
moy. totale	*18,4*	*74,2*	*17,9*	*33,2*	*16,5*	*52,2*
Sept :						
1re décade	13,1	32,5	16,8	1,6	17,7	31,8
2e —	11,1	9,4	15,2	41,6	14,4	50,6
3e —	11,1	60,7	14,0	12,1	11,7	22
moy. totale	*11,8*	*102,6*	*15,3*	*55,3*	*14,6*	*104,4*

Les fortes pullulations de Psylles ont généralement lieu entre le 15 juin et le 15 juillet ainsi qu'à la fin du mois d'août et au début de septembre ; au cours de ces périodes, la chaleur accélère le développement et augmente la fécondité journalière ; il est rare qu'il y ait de très fortes sécheresses avant le mois de juillet. La sécheresse n'a qu'une action limitée sur les larves aux troisième, quatrième et cinquième âges ; elle augmente fortement les dégâts car le miellat n'étant plus entraîné par la pluie provoque de graves brûlures sur les fruits et les feuilles qui se dessèchent et tombent. C'est pour cette raison que l'on affirme, à tort, que les temps chauds et secs sont favorables à la multiplication des Psylles ; en fait, ces conditions sont favorables à la manifestation des dégâts et la pullulation est sous la dépendance de facteurs presque opposés.

Dans la région parisienne, il y a presque tous les ans une augmentation du nombre des Psylles à partir de la fin du mois d'août ; la génération hivernante est généralement assez importante, mais la mortalité des imagos semble être très grande au cours de l'hiver. Il fut cependant

observé de fortes pontes en 1953, les Psylles hivernants étant très nombreux en raison de la forte pullulation de l'automne 1952. Il semble que les périodes de froids tardifs, survenant après un hiver doux, soient néfastes aux femelles.

B. — ENNEMIS NATURELS

Peu d'auteurs ont étudié les prédateurs et les parasites de *Psyllidae*. Les seuls entomophages des Psylles du Poirier qui aient été signalés sont des *Encyrtidae* (*Prionomitus mitratus* DALM. sur *P. pyricola* et *P. pyrisuga* par LAL et par FERRIÈRE, et sur *P. pyri* par WILLE, *Psylledontus insidiosus* sur *P. pyricola*). Sur *P. mali* et *P. pyricola*, LAL et d'autres auteurs signalent une Cécidomyie du genre *Endopsylla* qui s'attaque aux adultes. Sur d'autres espèces, il a été mentionné des Encyrtides, des Aphelinides et des Pteromalides. Enfin, l'action des prédateurs habituels de Pucerons est aussi mentionnée (WILLE, WILDERMUTH) mais, d'une manière générale, aucun auteur n'accorde une grande importance à l'action des parasites et prédateurs sur les Psylles.

Dans certains cas, ils peuvent jouer cependant un rôle important. C'est ainsi qu'à partir du 15 juin 1953 et du 15 juin 1955 nous avons observé une destruction rapide de nombreuses colonies larvaires par les prédateurs les plus divers ; il y a eu un parallélisme étroit entre l'augmentation puis la régression des populations des Psylles d'une part et des Pucerons d'autre part.

La plupart des prédateurs communs des Aphides peuvent également détruire les Psylles ; en 1953, les larves de Coccinelles et de Syrphes ont été les plus actives, mais il a été observé également des larves d'Hémérobes et de Chrysopes. Certaines punaises de la famille des Anthocoridés, qui sont fréquentes dans la région parisienne du mois de mai au mois d'octobre, sont très actives ; elles détruisent indistinctement les larves à tous les âges et les œufs de Psylles, mais elles s'attaquent aussi à d'autres parasites des arbres fruitiers : Pucerons et surtout Acariens. Il a été trouvé deux espèces, *Orius minutus* et *Anthocoris nemorum* (fig. 34) ; cette dernière présente trois générations par an, et hiverne à l'état adulte. L'intérêt économique de ces prédateurs doit inciter à la prudence dans l'emploi des insecticides de synthèse qui ont parfois été responsables de la multiplication des Psylles qu'ils étaient destinés à détruire (WILLE).

A l'inverse des prédateurs, les parasites sont très rares dans la région parisienne. Nous n'en avons trouvé que de façon exceptionnelle et presque toujours entre le 1er juin et le 15 août. Dans les vergers des régions de Versailles et de Chambourcy, la proportion des larves détruites entre le 20 septembre et le 15 novembre par les Hyménoptères est inférieure à 0,5 p. 100 ; elle ne paraît pas être plus élevée au printemps et en été. Ceci est

assez étrange car, au contraire, *P. pyrisuga* et *P. peregrina* (Psylle de l'Aubépine) sont décimés au printemps par un Chalcidien : *Prionomitus mitra-*

TABLEAU IX

Hyménoptères issus des larves mortes de P. pyri

Familles	Espèces		Dates des éclosions			Total
			Juin	Juil.	Août	
Encyrtidae.....	*Aphidencyrtus* sp. nov.	♂♀		19	35	54
	(voisin d'*A. aphidivorus*)	♂♀		52	52	104
	Prionomitus mitratus DALM.	♂		16	14	30
		♀	7	10	1	18
	Trechnites psyllae RUSHKA	♀			4	4
Pteromalidae	*Pachyneuron* sp. nov.	♂♀		14	16	30
				9	9	18
Calliceratidae	*Lygocerus* sp.			3	1	4

N. B. — Les quatre *Lygocerus* proviennent d'un autre verger, voisin de celui où ont été récoltés les 300 Psylles.

FIG. 34. — *Anthocoris nemorum.*

tus DALM, qui attaque également *P. pyri*. Les récoltes les plus importantes ont été faites au cours des mois de juin et de juillet 1953 dans le verger du Centre de Recherches : 300 larves de *P. pyri* mortes ont été trouvées et mises en observation ; il a été obtenu moins de deux mois après le ramassage les

parasites suivants, aimablement déterminés par M. Ch. FERRIÈRE (Tableau IX).

Quelques larves parasitées ont été récoltées au cours de l'automne 1953 ; elles ont donné, entre le 10 mai et le 1er juin 1954, les espèces suivantes :

9 *Aphidencyrtus* dont 1 mâle
10 *Trechnites psyllae* dont 1 mâle
2 *Pachyneuron*.

Au cours de l'été 1943, une quarantaine de larves parasitées, vivantes ou mortes ont été disséquées et ont permis de mettre en évidence l'existence d'un hyperparasitisme externe (18 cas) et d'un hyperparasitisme interne (9 cas).

Dans le courant du mois de juillet, le parasitisme semble être assuré essentiellement par l'Encyrtide *Prionomitus mitratus*. Le cas d'*Aphidencyrtus* est douteux ; ce genre est signalé à la fois comme parasite de Pucerons et comme hyperparasite interne de Pucerons et de Cochenilles par l'intermédiaire d'Aphelinides et d'Aphidiides.

P. mitratus parasite d'autres Psylles ; nous l'avons trouvé en juin sur *P. pyrisuga* et *P. peregrina* ; au cours de ce mois, 50 p. 100 des larves de ces deux Psylles sont détruites par cet Hyménoptère. Dans un verger situé au voisinage des aubépines où étaient récoltées les larves de *P. peregrina*, les larves de *P. pyri* étaient très faiblement parasitées.

La possibilité du passage de *P. mitratus* d'une espèce de Psylle à une autre n'est pas prouvée : M. Ferrière nous a signalé de légères différences morphologiques entre les Insectes issus de *P. peregrina* et de *P. pyrisuga* (nous ne savons pas s'il en existe également avec ceux provenant de *P. pyri*). Ces différences sont peut-être dûes seulement à l'hôte et il est possible qu'elles ne correspondent pas à des différences spécifiques.

En tous cas, le problème du mode de persistance des *P. mitratus* issus des larves de Psylles monoeciques reste posé : on ignore ce que deviennent les adultes qui éclosent en juillet. Étant donné que nous n'avons pas trouvé de *P. mitratus* sur *P. pyri* au printemps, nous ne pouvons pas affirmer que cet Insecte présente deux générations par an ainsi que cela serait le cas dans le Valais (WILLE).

P. mitratus (fig. 35) ne semble pouvoir se développer que sur des larves de Psylles assez âgées ; sur 450 larves mortes, une seule était au troisième âge et deux au quatrième. Le parasite peut atteindre un développement important avant que le Psylle ne meure ; dans une larve vivante du cinquième âge il a été trouvé une larve d'une longueur de 1 600 µ. Le parasite, au moins à la fin de sa croissance, est orienté en sens inverse de l'hôte : le meconium est rejeté dans la tête du Psylle et la sortie s'effectue à la partie supérieure des derniers segments abdominaux. Avant de mourir, la larve de Psylle enfle fortement ; elle est peu active et ne répond pas aux excita-

tions extérieures. Les modifications anatomiques qui précèdent la mue imaginale ne s'effectuent pas ; les téguments de l'adulte ne se forment pas ; aussi, à l'automne, les larves parasitées sont vertes au lieu d'être rouge-brique.

Peu avant leur mort, les larves migrent comme les larves saines qui vont effectuer la mue imaginale ; elles se fixent indifféremment sur l'une ou l'autre face des feuilles. Les larves mortes sont fortement renflées, presque cylindriques ; leurs téguments sont rigides et cassants, de couleur brun-chocolat ; elles sont fixées au substrat par une sorte de ciment translucide.

FIG. 35. — *Prionomitus mitratus*. Mâle, et antenne de la femelle (en haut et à droite)

La mortalité automnale des Psylles est principalement attribuable à *Trechnites psyllae* ; aucune des larves mortes après le 1er octobre n'a donné de *Prionomitus*. Les larves de *Trechnites* peuvent poursuivre leur développement jusqu'au début de l'hiver : il en a été trouvé le 15 décembre sur des Psylles vivants ; l'hivernation semble se faire sous la forme larvaire.

L'hyperparasite interne pourrait être *Aphidencyrtus* sp. nov. ; le premier âge larvaire est enveloppé dans un trophamnios et est longuement caudé ; les exuvies successives restent accrochées à l'arrière du corps. On peut trouver cet hyperparasite dans les larves du Chalcidien parasite alors que le Psylle est encore vivant.

Pachyneuron sp. nov. est un hyperparasite externe. Son œuf est allongé (220 × 90 μ), renflé à un bout, brunâtre, couvert de fins spicules. La ponte est faite sur le thorax de l'hôte après la mort du Psylle. Le premier âge larvaire est légèrement caudé, les autres âges sont du type hyménoptériforme classique, court et renflé (800 × 450 μ). Cet hyperparasite

peut s'attaquer à des nymphes très âgées qui ont parfois la coloration de l'adulte. Il peut y avoir initialement un multiparasitisme ; il a été trouvé un Psylle dont l'hôte primaire était attaqué par un hyperparasite interne et trois jeunes larves d'hyperparasite externe ; il semble qu'une seule larve parvienne à achever son développement.

Lygocerus sp. n'a été trouvé qu'exceptionnellement ; ce genre a été signalé comme hyperparasite externe d'Encyrtides, d'Aphidiides et de Pteromalides parasites de Pucerons et de Cochenilles.

Dans le bassin parisien, la rareté des parasites de Psylles s'explique donc par la grande activité des hyperparasites.

Nous n'avons jamais observé de Cécidomyies du genre *Endopsylla* sur les adultes de *P. pyri* bien qu'il en ait été trouvées sur ceux de *P. peregrina*.

Quelques auteurs ont signalé que les larves étaient détruites par un Champignon : *Entomophtora sphaerosperma* qui a été employé par Dustan (1923) au cours d'essais de lutte biologique. Nous n'avons trouvé que quelques larves momifiées par des Entomophtorales.

En automne, il se développe sur le miellat d'épais matelas mycéliens de champignons saprophytes (*Penicillium*, etc..) qui finissent pas recouvrir entièrement les larves de Psylles sans cependant entraîner la mort de ces dernières.

C. — NATURE ET IMPORTANCE ÉCONOMIQUE DES DÉGÂTS

Les adultes sont relativement peu nuisibles bien que leurs piqûres causent un certain préjudice aux feuilles pendant la belle saison et aux rameaux à la fin de l'hiver.

Les dégâts occasionnés par les larves sont parfois très importants. Leurs piqûres sur les feuilles et surtout sur les rameaux peuvent entraver la croissance de l'arbre et notamment celle des bourgeons. Elles ne provoquent pas de déformation foliaire (il en est de même avec *P. pyricola*) alors que les feuilles piquées par *P. pyrisuga* se plissent et s'enroulent.

Le miellat entraîne parfois des nécroses superficielles des feuilles et des jeunes rameaux. Sous certaines conditions, il peut provoquer de graves brûlures sur les feuilles par suite de phénomènes de rupture de pression osmotique : c'est en effet un liquide extrêmement riche en substances glucidiques ; il permet, en outre, le développement des champignons du groupe des fumagines (fig. 36 et 37). Ces champignons recouvrent parfois une surface importante du feuillage, ce qui réduit la photosynthèse. Dans les cas de forte pullulation, l'action conjuguée des piqûres de larves, du miellat et de la fumagine se traduit par une chute partielle et parfois même presque totale des feuilles, ainsi que nous l'avons observé au cours de la seconde quinzaine du mois d'août 1948 dans un verger de Seine-et-Oise.

La valeur commerciale des fruits est fortement diminuée par la fumagine (fig. 37) ; dans les cas d'attaque grave ou précoce, les fruits peuvent tomber prématurément.

La fumagine arrive à recouvrir en automne toute la surface des bourgeons et rameaux d'un an d'une croûte noirâtre qui se détache par la suite en fragments ; en 1950, elle n'est apparue qu'au début du mois d'octobre ; elle s'est localisée au centre des feuilles (fig. 36) et s'est rapidement étendue à la surface des rameaux. Le développement des fumagines est peu fréquent avant le mois de septembre.

Dans les cas d'attaques graves ou répétées, la croissance des poiriers est fortement ralentie et les arbres affaiblis peuvent être alors plus facilement parasités par d'autres Insectes ou des affections cryptogamiques ; la chute prématurée du feuillage se traduit par un mauvais aoûtement.

Dans la région parisienne, les Psylles sont particulièrement nombreux sur les variétés Doyenné du Comice, Passe-Crassane, Beurré Hardy, Jeanne d'Arc, Louise-Bonne.

Le miellat est recherché par diverses fourmis : *Lasius niger*, *Formica rufa*, *F. rufa pratensis* et *Myrmeca rubra* ainsi que par divers Diptères (*Sarcophaga*, *Syrphes*) ; en automne, les guêpes (*Vespa vulgaris*) sont très friandes de miellat ; contrairement à l'affirmation de divers arboriculteurs, elles ne semblent pas apporter de gêne au développement des larves de Psylles.

V. — MÉTHODES DE LUTTE

De nombreuses publications ont été consacrées aux méthodes de lutte à appliquer contre *Psylla pyricola*, mais très peu d'essais ont été réalisés contre *P. pyri*.

A. — TRAITEMENTS D'HIVER

Les traitements d'hiver doivent être effectués tardivement, quand tous les Psylles ont abandonné leurs abris ; ils doivent donc assurer la destruction des adultes et, en outre, celle des pontes les plus précoces.

Contre *P. pyricola*, il a été préconisé la bouillie sulfocalcique par Ross et Robinson (1919), Petit (1922), Kartzell (1925) et Crosby (1931), le mélange de nicotine, de savon et de bouillie sulfocalcique par Hodgkiss (1914), Headlee (1919), les huiles de goudron par Hartzell (1933), les huiles blanches d'hiver par Ross (1925, 1927, 1928), Hartzell (1928, 1931), Knight (1935), Hamilton (1947), Mundinger (1952), les dinitrocrésols par Mundinger (1943, 1952), le mélange de dinitrocrésols et d'huiles blanches d'hiver par Hamilton (1947). Mundinger (1952) recommande aussi le parathion en suspension à 19 g. M.A./hl. ou le

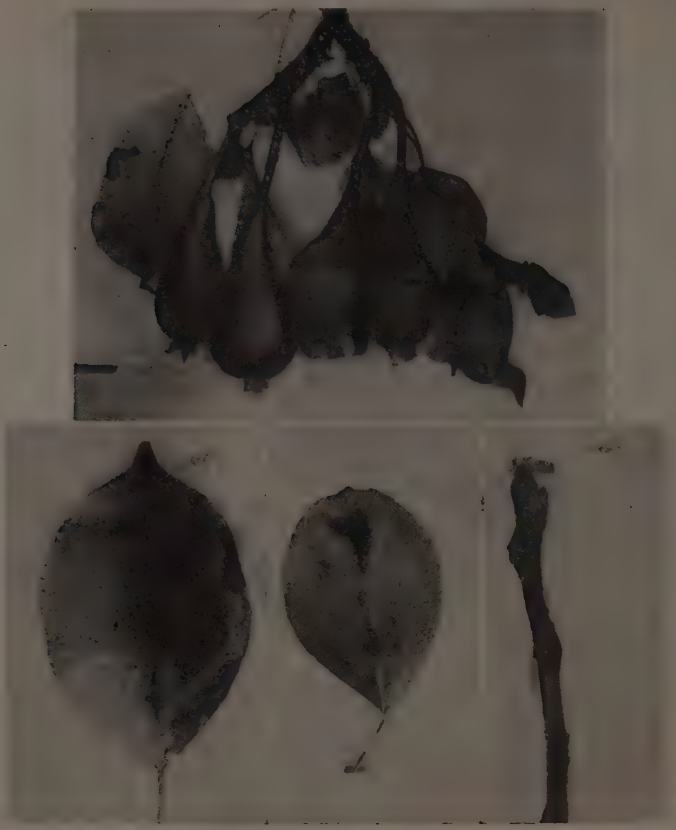


FIG. 36. — Dégâts de *P. pyri* sur fruits, feuilles et rameau.

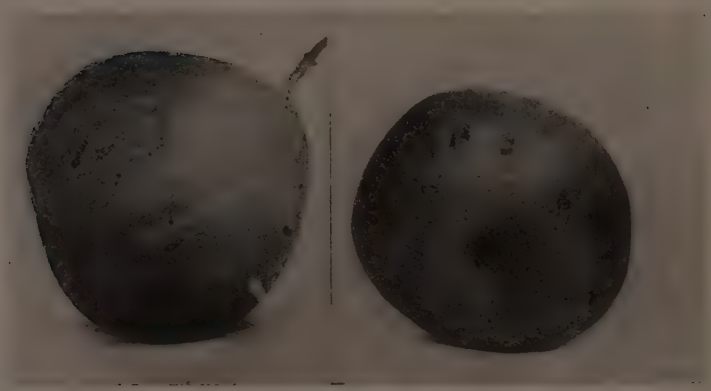


FIG. 37. — Dégâts de *P. pyri* sur fruit.

malathion en émulsion à 60 g. M.A./hl., utilisés peu avant le débourrement.

En raison de la sortie échelonnée des Psylles, les traitements doivent être réalisés quand tous les Insectes ont repris leur activité ; à ce moment, la ponte a déjà commencé et les produits utilisés doivent agir non seulement contre les adultes, mais aussi contre les œufs. Ces traitements doivent permettre en outre de lutter contre d'autres parasites du Poirier, notamment les Cochenilles, les œufs d'Aphides (Puceron cendré du Poirier) et de quelques Tordeuses. On peut envisager l'emploi des huiles blanches, des dinitrocrésols et des dinitrophénols, mais les insecticides les plus intéressants sont actuellement les huiles jaunes (mélange d'huile blanche et de dinitrocrésol) que l'on utilise à la dose de 1,5 à 3 p. 100 suivant la teneur en DNC : la « bouillie » prête à l'emploi doit renfermer 50 g de DNC par hl. Nous avons eu l'occasion de visiter un verger de Doyenné du Comice très fortement attaqué à l'automne 1950 ; il avait été traité le 15 mars au stade C 1 avec une huile jaune renfermant 2,5 p. 100 de DNC, à la dose de 2 p. 100 ; tous les adultes et 99 p. 100 des œufs avaient été détruits.

B. — TRAITEMENTS D'AUTOMNE, DE PRINTEMPS ET D'ÉTÉ

De nombreux essais ont été faits aux Etats-Unis contre *Psylla pyricola* ; Dustan, Armstrong et Putman (1946) ont obtenu une mortalité de 99 p. 100 des larves avec un produit à base d'HCH et seulement de 15 p. 100 avec du DDT en suspension ou en émulsion. Ils ont remarqué que l'HCH n'a pas d'action léthale sur les œufs, mais que les larves meurent au moment de l'éclosion ; ils ont élevé des adultes sur des bourgeons de Poirier traités depuis 6 jours et ont noté une mortalité de 91,7 p. 100 en 7 jours.

Hamilton (1947-1948) a obtenu d'excellents résultats avec le parathion utilisé à la dose de 7,5 g M.A./hl et l'HCH en suspension (98 p. 100 de mortalité des larves) à la dose de 9 g d'isomère gamma par hl. Des pulvérisations de produits à base de roténone additionnée d'huile blanche, de pyréthrines, de pipéronylcyclohexone, de tétraéthylpyrophosphate se sont révélées moins efficaces (action satisfaisante sur les larves, mais mauvais ovicides) ; les produits renfermant du DDT, du sulfate de nicotine, de l'extrait de Ryania, de la sabadille, de l'huile minérale émulsionnée, de la phénothiazine, des sels de dicyclohexylamine ou de dinitrocyclohexylphénol, etc., ont donné des résultats nettement insuffisants. Le chlordane utilisé en mai a détruit 50 p. 100 des larves, le toxaphène a été inefficace en mai, mais a fait preuve d'une bonne action insecticide en juillet et septembre.

D'après O'NEILL (1949), la parathion agit sous forme d'insecticide de contact et de fumigant contre les adultes de *P. pyricola* ; c'est également un excellent insecticide larvaire et un très bon ovicide. MUNDINGER (1952) préconise le parathion en suspension (25 g M.A./hl), le malathion en suspension (120 g M.A./hl), l'E.P.N. en suspension (13,5 g M.A./hl), le métacide en émulsion (15 g M.A./hl), un extrait de derris additionné d'huile blanche.

Il a été préconisé contre *P. pyri* des pulvérisations nicotinées par BLATTNY (1924), POLIZU (1928), et SERGLEV (1930). Plus récemment, WILLE a essayé comparativement le DDT en émulsion, à 100 g M.A./hl, le parathion en émulsion à 20 g M.A./hl et le sulfate de nicotine à raison de 100 g de M.A./hl : il a constaté que l'action ovicide de la nicotine et du DDT était très faible et l'effet larvicide de ce dernier produit insuffisant. Par contre, le parathion en émulsion lui a donné d'excellents résultats ; il a remarqué que l'embryon n'est pas tué et continue son développement ; étant donné qu'une proportion extrêmement faible d'œufs traités éclosent, il en conclut que la larve est tuée au moment de l'éclosion après être rentrée en contact avec l'insecticide ou que celui-ci provoque un durcissement du chorion tel que la larve ne peut le perforer.

Les traitements effectués au cours de l'été présentent divers inconvénients :

1° en raison de la densité du feuillage, ils nécessitent une quantité importante de liquide,

2° les larves sont très résistantes aux insecticides et leur localisation à la face inférieure des feuilles ou sur les rameaux diminue leur vulnérabilité.

3° ces traitements détruisent en même temps les ennemis naturels de Psylles et d'autres Insectes ; ils peuvent donc se traduire finalement par une brusque extension de l'Insecte que l'on cherche à combattre.

Pour ces différentes raisons, nous nous sommes orientés vers l'application de traitements précoces de printemps ou de traitements tardifs réalisés dans le courant du mois d'octobre.

Traitements d'automne. — Ils ont pour but de détruire les dernières pontes, les larves et les adultes hivernants.

La détermination de la date du traitement repose sur deux considérations : d'une part, il est préférable que ces traitements soient faits après la cueillette afin de ne pas déposer sur le fruit une pellicule de substance insecticide qui pourrait être toxique pour le consommateur et nuire à la présentation du fruit ; par ailleurs, les traitements doivent être réalisés avant que les Insectes aient commencé à gagner les abris d'hiver. Les adultes étant plus difficiles à atteindre que les larves ou les œufs, on a intérêt à ne pas trop retarder le traitement bien que celui-ci soit facilité par la chute des feuilles.

Dans la région parisienne, la cueillette des fruits la plus tardive est faite avec la variété Passe-Crassane. Nous avons procédé le 13 octobre 1950, immédiatement après la récolte, à des essais de traitement avec 11 formules d'insecticides dans un verger planté en palmettes à 4 branches de Passe-Crassane et très fortement attaqué. Il a été utilisé un pulvérisateur à moteur donnant une pression de 12 à 15 kg par cm². Les notations ont été faites de la façon suivante : des branches dont les rameaux et les feuilles portaient de fortes colonies de Psylles ont été marquées à l'aide de petites étiquettes numérotées ; les larves de Psylles ont été dénombrées avant le traitement et trois jours après celui-ci ; durant ces trois jours, 18 p. 100 des larves des lots témoins sont devenues adultes ; le nombre des larves trouvées sur les lots traités a été en conséquence majoré de 18 p. 100

TABLEAU X

Essais de traitements contre les larves de Psylles du Poirier.

Produits essayés	Teneur en matière active en g par hl	Coefficient d'efficacité
Huile blanche d'été	1250	14,9
Huile blanche d'été nicotinée	550 d'huile + 86 de sulfate de nicotine	31,9
Huile blanche d'été roténonée	600 d'huile + 9 de roténone	56,6
DDT en émulsion	100	27,7
HCH en émulsion à 20 % de mat. active.	70 (HCH)	74,1
HCH en émulsion	36 (gamma)	98,7
TEPP	19,5	12,8
Parathion suspension	22,5	100
Parathion émulsion	14	98,7
Oléoparathion	800 d'huile + 15 de parathion	96,1
Oléoparathion + Parathion en suspension	280 d'huile + 5,25 de parathion émul. + 9,75 — susp.	100

L'examen de ce tableau montre que deux produits ont fait preuve d'une efficacité remarquable : le parathion sous forme de suspension ou d'émulsion et l'HCH en émulsion.

L'intérêt de ces traitements d'automne est qu'ils permettent également de détruire dans une proportion voisine de 100 p. 100 les sexupares et les femelles sexuées des Pucerons ; en outre, ils ne détruisent pas les parasites ou prédateurs qui ont presque tous terminé leur cycle à cette époque de l'année.

Traitements de printemps et d'été. — Ainsi que nous l'avons signalé précédemment, le cycle biologique du Psylle dans la région parisienne, pour des conditions climatiques moyennes, peut être résumé comme suit :

— sortie des Psylles hivernants entre le 15 et le 30 janvier.

— Pontes, de fin janvier à fin avril

— Éclosions, du 25 mars à la première décade de mai

— Apparition des adultes de la première génération à partir du 1er mai.

Nous avons vu également que les jeunes larves ne peuvent se développer que sur les bourgeons parvenus au stade C ; au cours du mois de mars, la durée moyenne de l'incubation est de 25 jours.

On peut envisager, *à priori*, de réaliser des traitements dirigés contre les adultes seuls, contre les adultes et les œufs, contre les œufs et les larves ou seulement contre les larves avant que les plus précoces ne deviennent adultes. Dans le premier et le dernier cas, on pourra utiliser des substances n'ayant pas une bonne action ovicide, alors que pour les autres, le produit utilisé devra posséder, outre l'action insecticide de contact, un excellent pouvoir ovicide.

Les traitements précoces présentent l'avantage de ne détruire qu'une très faible proportion d'Insectes auxiliaires et de nécessiter une quantité relativement moindre de bouillie ; les bourgeons étant très peu développés, l'insecticide peut parvenir plus facilement au contact direct des œufs ou des larves.

Afin de diminuer le coût des traitements antiparasitaires, il y a lieu de chercher à détruire par un seul traitement un ou plusieurs Insectes nuisibles autres que les Psylles ; les plus communs sont les Pucerons, notamment le Puceron cendré du Poirier (*Sappaphis pyri* Fonsc), la Cécidomyie des Poirettes, les Chenilles les plus précoces de Cheimatobie et de Tordeuses, les larves de *Calocoris*.

Nous avons signalé par ailleurs (1947) que les poires pouvaient être efficacement protégées contre la Cécidomyie par un traitement dirigé contre les adultes ; d'une façon générale, ceux-ci apparaissent au moment où 50 p. 100 des bourgeons des variétés Passe-Crassane, Doyenné d'hiver, Beurré Diel sont parvenus aux stades D3 à E, c'est-à-dire au moment où les boutons sont presque complètement ouverts et accolés les uns aux autres ou séparés de 1 mm au maximum ; un traitement effectué à ce moment précis avec une poudre mouillable ou une émulsion à base de parathion en émulsion donne d'excellents résultats contre tous les Insectes mentionnés précédemment : l'HCH en émulsion renfermant 12 p. 100 d'isomère gamma est légèrement inférieur au parathion contre les chenilles et la Cécidomyie, mais aussi efficace que ce dernier contre les autres Insectes.

Les traitements ont été faits sur 5 lignes d'arbres (variété Passe-Crassane) en espalier comprenant chacun environ 80 sujets ; la moitié de chaque ligne a été traitée, l'autre moitié constituant un lot-témoin ; il a été essayé :

— un parathion en suspension à 20 g M.A./hl.

— un oléoparathion à 15 g de parathion et 800 g d'huile par hl.

— un HCH émulsion à la dose réduite de 20 g d'isomère gamma à l'hl., la dose normale étant de 35 g.

— une émulsion renfermant 13 g par hl de parathion.

Les 2 et 3 avril, les bourgeons de la variété Passe-Crassane étaient parvenus aux stades D2 et D3. A cette date, les œufs étaient tous déposés sur les rides de la base des bourgeons ; la notation de l'efficacité des traitements a été faite le 21 avril et le 27 avril par le dénombrement des pontes se trouvant sur ces rides ; durant la période qui s'est écoulée du 2 au 21 avril, la plupart des œufs ont pu éclore : les œufs tués par les insecticides sont restés en majorité sur les bourgeons. Il a été ainsi possible de déterminer l'action ovicide des produits utilisés dans les conditions courantes de la pratique.

Il a été procédé également à la numération des adultes sur des arbres traités et non traités le 21 avril et à celle des larves le 4 mai ; il a été compté, en outre, les pontes qui ont été faites après le traitement et qui étaient facilement repérables en raison de leur localisation sur les jeunes organes verts.

TABLEAU XI

Résultats des traitements réalisés le 2 avril (1)
Numération des œufs (21 et 27 avril), des adultes et des nouvelles pontes (21 avril) et des larves (4 mai)

Produits utilisés	Efficacité ovicide		Nombre au 21 avril de		Nombre de larves 4 mai
	21 avril	27 avril	Adultes	Pontes récentes	
Témoin			100	100	100
Parathion en suspension (20 g par hl)	65	76	0	7	4
Oléoparathion (15 g parathion + 800 g d'huile par hl)	67	76	0	0	9
HCH en émulsion (20 g de gamma par hl)	12	34	20	46	27
Parathion en émulsion (15 g par hl)	51	73	12	54	7

Ces chiffres montrent que les traitements de printemps permettent de réduire très fortement la population des Psylles à la condition qu'ils soient effectués très soigneusement ; ils sont particulièrement intéressants lorsque les poiriers sont fréquemment attaqués par la Cécidomyie des Poirettes et les Chenilles défoliatrices, puisqu'il est possible de détruire ces divers ravageurs par l'application d'une seule pulvérisation.

Si les traitements n'ont pu être effectués au stade E ou si l'on utilise des insecticides ayant une faible action ovicide, il est préférable de ne traiter qu'après la chute presque totale des pétales (stade H), les fleurs constituant un obstacle à la dispersion du liquide à l'intérieur de l'arbre.

Les traitements effectués au cours de l'été ne doivent être faits que dans les cas d'intense pullulation ; la densité du feuillage ne permet pas

(1) Une pluie violente est survenue dès la fin du traitement à l'H. C. H., dernier produit épandu au cours de l'essai.

d'obtenir une bonne efficacité et elle nécessite une grosse quantité de liquide ; l'emploi de la pulvérisation pneumatique permet de remédier partiellement à ces deux inconvénients. En outre, ces traitements détruisent les prédateurs et parasites ; on ne devra donc y avoir recours que dans des cas très particuliers, et notamment lorsque l'action des animaux auxiliaires est très peu importante : WILLE a observé dans le Valais une pullulation à la suite de traitements de printemps et d'été effectués avec des produits à base de parathion, à un moment où les prédateurs communs aux araignées rouges et au Psylle étaient nombreux (larves et adultes d'*Anthocoris nemorum*, d'*Orius minutus*, d'*Adalia bipunctata* var. *dispar*.).

Les insecticides utilisés à la fin de l'été ne doivent pas altérer l'épiderme des fruits, leur odeur ou leur saveur ; il ne doit pas exister de substances toxiques sur le fruit au moment de la récolte : d'après la législation en vigueur, les traitements doivent être interrompus de 15 jours à 3 semaines avant la cueillette suivant la nature de l'insecticide. Il sera souvent prudent de n'utiliser que les insecticides en suspension, les émulsions renfermant généralement des substances qui peuvent altérer l'épiderme des fruits.

Les Psylles adultes peuvent effectuer des déplacements assez importants tant au cours de l'été qu'en automne ; la lutte contre ces Insectes ne peut être efficace et économique qu'à la condition d'être réalisée dans tous les vergers de la région, tout verger insuffisamment soigné pouvant constituer un foyer permanent de dissémination des Psylles.

C. — EFFICACITÉ DES NOUVEAUX PRODUITS INSECTICIDES

L'apparition de divers produits insecticides nouveaux nous a conduits à effectuer deux séries complémentaires d'essais au cours du printemps de l'année 1955 : la première avait pour but de mettre en valeur l'efficacité de différents produits contre les larves. La seconde a été effectuée au laboratoire, sur des œufs de *Psylla pyri*, avec les produits qui s'étaient révélés efficaces dans les essais dirigés contre les larves ; les insecticides ont été utilisés aux mêmes concentrations au cours des deux séries d'essais ; nous exposerons d'abord les résultats obtenus avec le traitement ovicide.

Essais ovicides de laboratoire. — Des lots de 30 à 40 Psylles adultes de forme estivale ont été placés du 20 au 26 mai sur de petits poiriers francs en pots ; les traitements ont été effectués le 26 mai avec un petit pulvérisateur pneumatique ; les produits étaient répandus de manière à couvrir le feuillage de très fines gouttelettes, sans qu'il y ait formation de gouttes susceptibles de couler. Chaque lot était constitué par deux arbustes et comprenait selon les cas de 400 à 800 œufs. Après le traitement, les

arbres sont restés dans une serre où la température a varié entre 15 et 25° ; les comptages ont été effectués tous les deux jours.

Les produits employés et les résultats sont donnés par le tableau nº XII et la figure nº 38.

TABLEAU XII

Résultats des essais ovicides de laboratoire contre Psylla pyri (mai 1955).

Produits (Émulsions)	Matière active par hl	Pourcentage d'œufs éclos ou morts (1)									Pourcentage de larves parvenues au 4e âge (20e j.)
		7e jour		9e jour		11e jour		14e jour		18e j.	
		éclos	morts	éclos	morts	éclos	morts	éclos	morts	morts	
Témoin		40		87	2,5	97	3				41,5
Parathion	20 g	0	0	2,4	9,2	2,4	8,7	2,4	96,5	97,6	0
Oléoparathion	15 g. Parath. 400 g. d'huile	0	9	0	47	1	79	1	96	99	0
Malathion	40 g.	12		31	5	54	15	61	19	39	1,5
Dieldrine	50 g.	25		80	1	90	5	93	7	7	0
Endrine	50 g.	14		49	13	77	15	83	15	17	0
Lindane	27 g.	23		71	0,3	76	7	76	16	24	7,8
Toxaphène	150 g.	33		85		97	1,5		3	3	0,5
Diazinon	20 g.	22		55		69	7	72	11	28	2,3

(1) Aucune éclosion n'a été constatée au 5e jour après le traitement.

Seuls, le parathion et l'oléoparathion ont provoqué une mortalité très élevée des œufs. La dose d'emploi du malathion a vraisemblablement été insuffisante. Les autres produits : dieldrine, endrine, lindane, toxaphène et diazinon, n'ont manifesté qu'une très faible action ovicide, mais ils ont tous provoqué une mortalité larvaire très élevée aussitôt après l'éclosion ; un délai de 7 jours s'est pourtant écoulé entre le jour où le traitement a été effectué et celui où les premières larves ont éclos. La dieldrine et l'endrine provoquent la mort des larves néonates dès leur sortie : on trouve leurs cadavres auprès des chorions vides ; avec les autres produits, les jeunes Psylles ne meurent qu'après s'être dispersés sur le feuillage et les rameaux.

Dans tous les cas, les œufs achèvent totalement leur développement avant de mourir : ils restent turgescents et apparemment vivants pendant quelques jours au delà de la date d'éclosion normale. L'oléoparathion a provoqué plus rapidement la mort des œufs que le parathion lui-même ou les autres produits ; il y a sans doute là un effet dû aux huiles blanches qui accompagnent l'ester phosphorique ; la mort semble intervenir avant que l'embryon n'ait atteint son complet développement. Le chorion et les membranes embryonnaires assurent donc une excellente protection de l'embryon : elles paraissent être totalement imperméables aux produits insecticides. La mort ne semble se produire qu'au moment où la membrane séreuse est rompue : on peut supposer (WILLE), que le chorion est rendu trop rigide par l'action des divers produits et empêche

ainsi l'éclosion, ou que la membrane séreuse seule fait office de barrière ; l'embryon est intoxiqué quand il entre en contact avec le chorion.

Nous avons déjà vu précédemment que le déméton n'avait aucune action indirecte (p. 296) ; nous ne savons pas s'il peut avoir une action ovicide de contact. En tous cas il provoque toujours la mort des larves néonates, même quand il est employé aussitôt après la ponte.

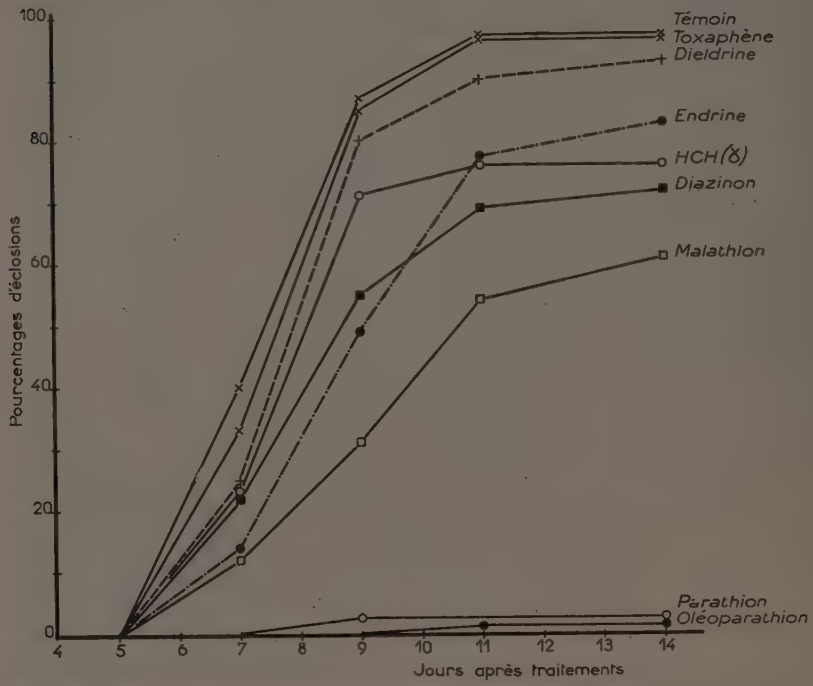


FIG. 38. — Résultats des essais de traitements ovicides effectués au laboratoire contre *P. pyri*. Courbes d'éclosion des œufs dans les différents lots.

Essais larvicides. — Ils ont été effectués le 6 mai 1955 dans le même verger que les essais précédemment cités, sur des espaliers de 4 branches, de la variété Passe-Crassane. Les premiers adultes de la forme estivale apparaissaient à cette époque : la population larvaire comprenait presque exclusivement des Psylles au cinquième âge, en nombre assez restreint. L'essai comportait 4 blocs de 76 arbres chacun ; chaque bloc était divisé en 19 parcelles : 4 servaient de témoin ; chacune des autres recevait un traitement particulier. Les produits ont été employés seulement sous forme de bouillie, généralement en émulsion ; ils ont été épandus à l'aide d'un appareil à dos, à raison d'un litre et demi par arbre.

L'efficacité des divers insecticides a été calculée d'après le nombre de larves aux quatrième et cinquième âges, trouvées vivantes entre le cin-

quième et le septième jours après le traitement ; les numérations étaient effectuées sur 8 branches charpentières par lot.

Le tableau nº XIII donne la liste des produits utilisés, leur dose d'emploi et leur efficacité.

TABLEAU XIII

Essais de traitements contre les larves de P. pyri (mai 1955)

Produit	Forme d'emploi	Dose en g de matière active par hl	Coefficient d'efficacité
Parathion	suspension	20	99,6
—	émulsion	20	100
Oléoparathion	—	20 Parathion 533 d'huile	100
Malathion	—	40	99,8
Dieldrine	—	50	99,2
Endrine	—	50	99,8
Lindane	—	40	99,4
—	—	27	99,6
Toxaphène	—	150	97,2
—	—	100	88,7
Diazinon	—	20	98,5
Déméton	—	25	99,8
—	—	15	98,5
Isolan	—	10	80
Pyrazoxon	—	20	34,1

A l'exception du pyrazoxon et de l'isolan, tous les produits utilisés ont montré une remarquable action larvicide. De plus leur efficacité sur les chenilles de Géométridés au dernier âge (Cheimatobie) est excellente : ils ont provoqué 95 à 100 p. 100 de mortalité à l'exception du déméton (76 p. 100 à 25 g M.A./hl, 57 p. 100 à 15 g M.A. hl), de l'isolan (64 p. 100) et du pyrazoxon (49 p. 100).

D. — CONCLUSION

Nous disposons donc pour lutter contre le Psylle du Poirier, de nombreux produits très efficaces contre les larves et les adultes. L'oléoparathion et le parathion ont une action ovicide excellente, mais la plupart des produits tuent les larves dès leur éclosion, ce qui compense leur faible action ovicide directe. De plus, ils ont l'avantage d'être actifs contre d'autres parasites communs du Poirier : Pucerons, Cécidomyie, chenilles défoliatrices, Carpocapse. Les traitements les plus intéressants sont, à notre avis, les traitements de printemps effectués fin avril ou début mai, faciles à exécuter, dirigés en même temps contre d'autres Insectes nuisibles : ils interviennent à un moment décisif pour le développement des populations larvaires (p. 309) et peuvent ainsi empêcher les fortes pullulations d'été. Les traitements tardifs d'hiver peuvent éviter les pullulations.

printanières : ils sont surtout intéressants, comme les traitements d'automne, quand il y a eu un fort développement des populations de Psylles à partir du mois de septembre, c'est-à-dire à un moment où il est impossible de traiter en raison de la proximité de la date de récolte. Mais, étant donné le grand pouvoir de multiplication des Psylles, il faut exercer une surveillance constante dans les vergers où ces Insectes sont communs.

Les produits suivants sont à conseiller :

— en traitements d'hiver : huiles jaunes, oléoparathion, huiles additionnées d'H.C.H.,

— en traitements larvicides en cours de végétation : parathion et oléoparathion, malathion, lindane émulsion, toxaphène, dieldrine, endrine, déméton, diazinon.

VI. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Trois espèces de Psylles peuvent occasionner des dégâts aux cultures de Poirier : ce sont *Psylla pyrisuga* Foerst., *Psylla pyricola* Foerst. et *Psylla pyri* L. Seul ce dernier est commun dans la région parisienne où il commet parfois des ravages très importants.

Psylla pyri L. présente deux formes : une forme estivale, de couleur claire, qui pond 5 à 8 jours après la mue imaginale et une forme hivernale. Celle-ci a une taille plus grande, une couleur sombre, des ailes à cellules enfumées. Trois à cinq générations de Psylles peuvent être observées au cours de l'année, mais tous les Psylles dont la mue imaginale a lieu après le début du mois de septembre appartiennent au type hivernal : ce sont eux qui assurent la survivance de l'espèce au cours de la mauvaise saison.

Les adultes hivernants s'abritent sous les écorces des arbres fruitiers, dans les crevasses des troncs, sous les pierres et les feuilles mortes. Ils reprennent leur activité dès les premières journées chaudes du mois de janvier : ils s'accouplent alors et commencent à pondre. La localisation des œufs se modifie au cours de la saison : d'abord placés le long des rides des rameaux, ils sont déposés sur les organes végétaux verts dès que les bourgeons éclatent. L'intensité de la ponte est directement en liaison avec la température ; elle n'est pas influencée par la photopériode reçue par les adultes ; elle est la même chez les formes d'hiver et les formes d'été, mais la fécondité de ces dernières est plus élevée. Aux températures constantes de 18 et de 25°, les femelles pondent en moyenne 12 et 20 œufs par jour. Les formes d'hiver déposent en moyenne 400 œufs par femelle, les formes d'été 600 (les maxima observés étant respectivement de 900 et de 1 200 œufs.)

Les œufs ne peuvent se développer que sur des tissus végétaux

vivants. Les jeunes larves gagnent toujours les organes végétaux verts : celles qui naissent avant l'éclatement des bourgeons meurent. Elles se placent en général à la face inférieure des feuilles, la tête appuyée sur un obstacle quelconque (œuf non éclos, chorion vide, nervures, etc). Les trois premières mues s'effectuent à proximité de l'endroit où se tient normalement la larve ; les larves du quatrième âge gagnent les jeunes rameaux où elles se groupent contre les pétioles des feuilles ou les bourgeons. Ce n'est qu'au moment où la mue imaginale va avoir lieu que les larves retournent sur les feuilles.

La ponte des formes d'hiver ne devient très importante qu'à partir du mois de mars. Les premiers adultes du type estival apparaissent à la fin du mois d'avril et au début du mois de mai.

La pullulation des Psylles est liée aux conditions climatiques qui règnent au moment où la ponte a lieu et où il y a beaucoup de jeunes larves : celles-ci sont très sensibles à la sècheresse et à la chaleur. Une certaine humidité et une température moyenne seront donc favorables aux Psylles dont les dégâts deviendront très graves si une période chaude et sèche survient : le miellat secrété par les larves provoquera alors de graves brûlures au feuillage et aux fruits. Les Psylles sont nuisibles par suite de la multiplicité des piqûres qu'ils occasionnent, par les brûlures et le développement de fumagine qu'entraîne la production du miellat.

Les colonies larvaires du Psylle du Poirier sont attaquées par tous les prédateurs des Pucerons (larves de Coccinelles, de Syrphes, de Chrysopes, d'Hémérobes, de punaises de la famille des Anthocoridés), qui peuvent avoir une action limitative très importante. Par contre, les parasites sont rares : ce sont des Chalcidiens, qui sont décimés par des hyperparasites.

Les traitements les plus efficaces sont les traitements de printemps dirigés à la fois contre les Psylles et d'autres Insectes nuisibles (Pucerons, Cécidomyie des Poirettes, chenilles défoliatrices, etc.). Ils offrent l'avantage d'être appliqués à un moment où le feuillage n'est pas encore très dense et où les prédateurs de Pucerons et de Psylles sont rares. Ils seront effectués avec les bouillies à base de parathion, d'oléoparathion, de malathion, de lindane en émulsion, de toxaphène, de dieldrine, d'endrine. Le déméton et le diazinon, excellents contre les larves de Psylles, sont peu efficaces vis-à-vis des chenilles défoliatrices. Des traitements d'automne, effectués après la récolte, peuvent être préconisés au cas où une forte pullulation aurait lieu à un moment où la proximité de la cueillette interdit toute intervention.

Les traitements d'hiver tardifs exécutés avec des huiles jaunes, des huiles additionnées de parathion, sont très efficaces contre les adultes et les œufs. Notons que, parmi les produits cités précédemment, seul le

parathion est un bon ovicide, mais tous ont une durée d'action suffisante pour tuer les jeunes larves dès leur éclosion.

Les traitements d'été ne seront appliqués, avec beaucoup de précaution, qu'en cas de nécessité absolue ; étant donné la grande prolificité des Psylles et leur rapidité de développement, leur pullulation sera toujours à craindre si les conditions climatiques sont très favorables, même si les traitements de printemps ont été effectués dans de bonnes conditions.

Reçu pour publication le 25 juillet 1955.

BIBLIOGRAPHIE

AULMANN (G.). — Psyllidarum catalogus. W. Junk, Berlin, 1-92, 1913.

BENNETT (S. H.), KEARNS (H. G. H.) and MARTIN (H.). — Investigations on eggkilling washes. III. The ovicidal properties of certain organic thyocyanates, *J. Pomol.*, **23,** 38-49, 1947.

BONNEMAISON (L.). — Contribution à l'étude des facteurs provoquant l'apparition des formes ailées et sexuées chez les Aphidinae. *Ann. I. N. R. A., sér. Epiph.*, 1-380, 1951.

BONNEMAISON (L.). — Les insecticides télétoxiques ou systémiques. *Bull. Tech. Inf.*, 223-226, 1951.

BONNEMAISON (L.) et MISSONNIER (J.). — Biologie et méthodes de lutte contre le Psylle du Poirier (*Psylla pyri* L.). *IX^e Congr. Intern. Ent., Amsterdam,* 585-587, 1951.

BONNEMAISON (L.) et MISSONNIER (J.). — Recherches sur le déterminisme des formes estivales et hivernales et de la diapause chez le Psylle du Poirier (*Psylla pyri* L.) *Ann. I. N. R. A. sér. Epiphyties,* 457-528,1955.

BORNER (C.). — Die Flügeladerung der *Aphidina* und *Psyllina. Zool. Anz.*, **36,** 1910.

BRENNER (W.). — Die Wachsdrüsen und die Wachsdrüsenausscheidungen bei *Psylla alni* L. *Zschrt. Wiss. Insektenbiologie,* **12,** 6-9, 1916.

BRITTAIN (W. H.). — The Apple Sucker (*Psyllia mali* SCHMIDB), *Jl. Econ. Ent.*, **15,** 96-101, 1922.

BRITTAIN (W. H.). — The morphology and synonymy of *Psylla mali* SCHMIDB. *Proc. Acad. Ent. Soc.*, **8,** 23-51, 1922.

BROCHER (F.). — Appareil buccal des larves de *Psylla pyrisuga. Ann. Soc. Ent. Fr.*, **94,** 55-67, 1925.

BROCHER (F.). — Observations biologiques sur *Psylla pyrisuga* (Hemipt.) *Ann. Soc. Ent. Fr.*, **95,** 183-188, 1927.

CARLSON (F. W.) and NEWCOMER (E. J.). — Control of Pear Psylla in the Pacific Northwest *Jl. Econ. Ent.*, **42,** 338-342, 1949.

COMPÈRE (H.). — A new species of *Metaphycus* parasitic on Psyllids, *Pan-Pacific Ent.*, San Francisco, **19,** 71-73, 1943.

CRAWFORD. — A monograph of the Jumping Plant Lice or Psyllidae of the New World. *U. S. Nat. Mus. Bull.*, **85,** 1914.

DUSTAN (A. G.). — A fungus parasite of the imported Apple Sucker. Artificial spread of *Entomophthora sphaerosperma. Agric. Gaz. Canada,* **10,** n° 1, 1923.

DUSTAN (A. G.). — The control of European apple-sucker *Psylla mali* SCH. in Nova Scotia. *Canada Dept. Agric. Pamphl.*, **45,** 1-13, 1924.

FERRIÈRE (C.). — Un parasite de *Psylla pyrisuga. Ann. Soc. Ent. Fr.*, **95,** 189-194, 1926.

FERRIÈRE (C.). — Encyrtides paléarctiques (Hym. *Chalcidoidea*). (Nouvelle table des genres avec notes et synonymies). *Bull. Soc. Ent. Suisse*, **26**, 1-45, 1953.

FINTZESCU (G.). — Les trois Psylles du Poirier. *Rev. Path. Veg. Ent. Agric.*, 244-254, 1938.

FLECKINGER (J.). — Les stades végétatifs des arbres fruitiers en rapport avec les traitements. *Rev. Viticulture*, **94**, nº 10, 1948.

FOERSTER (A.). — Ubersicht der Gattungen und Arten in der Familie der Psylloden. *Verh. Nat. Ver. preuss. Rheinlande*, Bonn, 65-98, 1848.

GOUREAU (C.). — Les insectes nuisibles aux arbres fruitiers, aux plantes potagères et aux céréales, p. 33, Paris, 1861.

GRISWOLD (G. H.). — On the bionomics of a primary parasite and of two hyperparasites of the Geranium Aphid. *Ent. Soc. Amer. Ann.*, **22**, 438-52, 1929.

GROVE (A. S.). — The anatomy of the head and mouth parts of *Psyllia mali Parasitology*, **11**, 1919.

HAMILTON (D. W.). — New Insecticides for control of Pear Psylla. *Jl. Econ. Ent.*, **40**, 234-236, 1947.

HAMILTON (D. W.). — Pear Psylla control with dormant sprays. *Jl. Econ. Ent.*, **42**, 443-445, 1949.

HAMILTON (D. W.). — Summer control of Pear Psylla during 1947. *Jl. Econ. Ent.*, **41**, 244-248, 1948.

HAMILTON (D. W.), Mac ALISTER (H. J.), SUMMERLAND (S. A.) and FAHEY (J. E.). — Control of pests attacking Apples, Peaches and Pears with Nitroparaffin compounds. *Jl. Econ. Ent.*, **45**, 462-466, 1952.

HAMMER (O. H.). — The Triethanolamine Salt of dinitro-o-sec-butylphenol to control certain pests on fruit trees. *Jl. Econ. Ent.*, **42**, 380-383, 1949.

HARRISSON. — Systems of classification in the *Psyllidae*. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, **12**, 802-810, 1948.

HAUPT (H.). — Psyllina. Tierwelt Mitteleuropas, herausgeg von Brohmer, Ehrmann und Ulmer, 4, X, 222-X, 252, 1935.

HAVILAND (M. D.). — On the bionomics and development of *Lygocerus testaceimanus* KIEFFER, and *Lygocerus cameroni* KIEFFER (*Proctotrypoidea-Ceraphronidae*), parasites of *Aphidius*. *Quart. Journ. Micro. Sci.*, **65**, 101-127, 1920.

HAVILAND (M. D.). — Preliminary note on the life-history of *Lygocerus* (*Proctotrypidae*) hyperparasite of *Aphidius*. *Proc. Camb. Phil. Soc. Camb.*, **19**, 293-295, 1922.

HETSCHKO (A.). — Ameisen und Psylliden. *Wien. Ent. Zeitg.*, **37**, 212-213, 1918.

HOLMES (E.). — Recent british developments in Taint-free use of B.H.C. *Agric. Chem.*, **6**, 31-33, 113-115, 1951.

HOLZ (W.). — Wirkung von E. 605 auf die Eier verschiedener Insekten. *Anzeiger für Schädlingskunde*, **22**, nº 9, 1949.

JOHNSON (C. G.). — The absorption of water and the associated volume changes occuring in the eggs of *Notostira erratica* L. (Hemipt. *Capsidae*) during the embryonic development under experimental conditions. *Journ. Exp. Biol.*, **14**, 413-421, 1937.

LAL (K. B.). — Insect parasites of *Psyllidae*. *Parasitology*, **26**, 325-334, 1934.

LAL (K. B.). — The biology of Scottish Psyllidae. *Trans. R. Ent. Soc. London*, **82**, 363-385, 1934.

LOW (F.). — Zur Biologie und Characteristik der Psylloden. *Verh. Zool. Bot. Ges.*, **26**, 187, 1876.

LOW (F.). — Beiträge zur Biologie und Synonymie der Psylloden. *Verh. Zool. Bot. Ges.*, Wien, **31**, 157, 1881.

LUNDBLAD (O.). — Apple och Päronbladlopporna. *Medd. Centralants. Forsöksväsendet pa Jordbruksomradet*, nº 209, *Ent. Avdelingen*, nº 37, Linköping, 20 p., 1920.

MAHDIHASSAN (S.). — Tivo Symbiotes of *Psylla mali*. *Nature*, **159**, 749, 1947. *Proc. Ind. Acad. Sci.*, B, **25**, 155-162, 1947.

MANI (M. S.). — Descriptions of new and Records of some known Chalcidoid and other Hymenopterous Parasites from India. *Indian J. Ent.*, 69-99, 1939.

MEYER-DUER (R.). — Die Psylliden. Skizzen zur Einführung in das Studium dieser Hemipteren Familie. *Mitt. Schw. Ent. Ges.*, **3**, 377-406, 1871.

MIESTINGER (K.). — Die Blattsauger, ihre Lebensweise und Bekämpfung. *Mitt. Pflanzenschutzstation Vienna* (n. d.), 263-267, 1920.

MISSONNIER (J.). — Notes sur la biologie du Psylle de l'Aubépine (*Psylla peregrina*). *Ann. I. N. R. A., sér. Epiph.*, 253-262, 1956.

MORGAN (C. V. G.) and DOWNING (R. S.). — The uses of Parathion in British Columbia Orchards. *Canad. Ent.*, **82**, 44-49, 1950.

MUNDINGER (F. G.). — Control of Pear Psylla. *Jl. Econ. Ent.*, **45**, 934-936, 1952.

NEWCOMER (E. J.). — Insecticides for controlling the Pear Psylla. *Proc. Forty third Ann. Meeting Wash. State Hort. Assn.*, 45-46, 1947.

O'NEILL (W. J.). — Pear Psylla control with Parathion. *Jl. Econ. Ent.*, **42**, 636-639, 1949.

OSSIANNILSSON (F.). — De svenka päronbladloppornas synonymik . *Växtskyddsnotiser* 29-30, 1952.

PARROTT (P. J.) and HODGKISS (H. E.). — The Pear Psylla. *New York Agric. Expt. Station, Circ.* **20**, 8 p., 1913.

PATCH (E. M.). — Homologies of the wing veins of the *Aphididae*, *Psyllidae*, *Aleurodidae* and *Coccidae*. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **2**, 101-129, 1909.

PFLUGFELDER (O.). — Vergleichende anatomische, experimentelle und embryologische Untersuchungen über das Nervensystem und die Sinneorgane der Rhynchoten. *Zoologica*, Stuttgart, vol. 34, 1936.

POLIZO (S.). — The noxious Psyllidae of Bessarabia. *Sel'skokhoz Byull.*, 10-13, 1930.

PROFFT (J.). — Beiträge zur Symbiose der Aphiden und Psylliden. *Zeits. f. Morph. u. Okol. der Tiere*, **32**, 289-326, 1937.

PUSSARD (R.). — Contribution à l'étude de la nutrition des Psyllides (Hem.). Présence de gaines dans les tissus de la plante hôte et son importance. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, **37**, 292-297, 1932.

PUSSARD (R.). — Contribution à l'étude de la nutrition des Psyllides. Présence d'une amylase dans les glandes salivaires de quelques Psyllides adultes, *C. R. Soc. Sav.*, **71**, (1938), 291-292, Paris, 1939.

RIES (E.). — Experimentelle Symbiosestudien. *Z. Morph. Okol. Tiere Abt. A. Z. Wiss. Biol.*, **25**, 184-234, 1932.

RIVIÈRE (G.). — Le Psylle du Poirier dans la région parisienne. *Jl. Soc. Nat. Hort. Fr.*, 286, 1921.

SCHAEFER (H. A.). — Biologische und ökologische Beobachtungen an Psylliden (Hemipt.). *Verh. Naturf. Ges.*, Basel **60**, 25-41, 1949.

SCHAEFER (H. A.). — Beiträge zur Kenntnis der Psylliden der Schweiz. *Bull. Soc. Ent. Suisse*, **22**, 1-95, 1949.

SLINGERLAND (M. V.). — The Pear tree Psylla. *New York Cornell Agr. Exp. Sta. Bull.*, **44**, 1892.

SPEYER (W.). — Der Apfelblattsauger *Psylla mali* SCHMIDBERGER. *Monogr. Pfanzenschutz*, **1**, Berlin, 1929.

SPEYER (W.). — Die Embryonalentwicklung und das Ausschlüpfen der Junglarve von *Psylla mali* SCHM. *Zeitschrift f. Inst. Biol.*, **24**, 1929.

SPEYER (W.). — Die Entwicklung von *Psylla mali* SCHMIDB. *Arb. Physiol. Angew. Ent.*, **3**, 267-283, 1936.

SPEYER (W.). — *Endopsylla ? agilis* de MEIJERE (Cecidomyidae) als Entoparasit von *Psylla mali* SCHMIDB. *Arb. Physiol. Angew. Ent.* Berlin, **8**, 39-41, 1941.

Sulc (K.). — Beiträge zur Kenntnis einiger Psylla-Arten aus den Ung. Nat. Museum Budapest. *Ann. Hist. Nat. Musei Nationalis Hungarici* Budapest, 409-435, 1915.
Suter (P.). — Der Apfelblattsaugerherd in Schweiz. *Anz. Schädlingsk.*, **8,** 148-155, 1932.
Swirski (E.). — The bionomics of the Pear Psylla. *Psylla pyricola* Foerst. in Israel. *Ktavim*, **4,** 61-68, 1954.
Szelenyi (G. von). Ueber die Chalcididen-Gattung *Pachyneuron* Walk. *Zbl. Ges. Forstw.* **68,** 93-105, 1942.
Ugryumov (G. D.) and Vuishelesskaya (N. S.). — Insecticide action of Nicotine preparations. *Bull. Plant Protection*, **3,** 115-145, 1931.
Waterston (J.). — On the Chalcidoid parasites of Psyllids. *Bull. Ent. Res.*, **13,** 41-58, 1922.
Weber (H.). — Kopf und Thorax von *Psylla mali* Schmidb. Eine morphogenetische Studie. *Z. Morph. u. Oekol. Tiere*, **14,** 59-165, 1929.
Weber (H.). — Biologie der Hemipteren. 543 p. Springer, Berlin, 1930.
Weber (H.). — Psyllina aus : Biologie der Tiere Deutschlands, *Lief.*, **29,** 31-38, 1935.
Wenck (F.). — Erfahrungen bei der Winterspritzung der Obstbaüme. *Anz. Schädlinger*, **21,** 21-22, 1948.
Wigglesworth (V. B.). — The principles of Insect Physiology, 540 p., Methuen & Cº LTD, London, 1950.
Wilcke (J.). — Biologie en Morphologie van *Psylla buxi* L., 61 p., Veenman en Zonen, Wageningen, 1941.
Wille (H. P.). — Untersuchungen über *Psylla piri* L. und andere Birnblattsaugerarten im Wallis. 113 p., Zurich, 1950.
Witlaczil (E.). — Anatomie der Psylliden. *Zschr. Wiss. Zool.*, **32,** 567-638, 1885.

INFLUENCE DES CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES SUR LES SORTIES PRÉALIMENTAIRES DU HANNETON COMMUN (Melolontha melolontha L)

PAR

B. HURPIN

Station de Zoologie agricole, Rouen

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Introduction.
Importance agronomique et biologique de cette période du cycle évolutif du hanneton.

II. — Analyse de la bibliographie.

III. — Méthodes d'études.

IV. — Déroulement des sorties et vols préalimentaires.
a) en 1948.
b) en 1949.
c) en 1950.
d) en 1951.
e) en 1952.
f) en 1953.

V. — Déclenchement des sorties.
Action de la température du sol.
Repères phénologiques.

VI. — Rythme des sorties.
A) Vols et conditions atmosphériques au crépuscule.
α) Influence de la pression atmosphérique.
β) Influence de l'état hygrométrique.
γ) Influence de la température.
B) Vols et conditions climatériques de la journée.
Importance primordiale de la température à midi et de l'insolation.

VII. — Conclusion.

VIII. — Résumé.

INTRODUCTION

Il est d'observation courante que les Hannetons sortent de terre au printemps et vont s'attaquer aux jeunes feuilles de certains arbres : chênes,

hêtres, charmes, marronniers, érables, pruniers, mirabelliers. On sait depuis longtemps que ces émergences, souvent massives, ont lieu en fin avril, début mai (les Allemands appellent les *Melolontha* : « Maikäfers ») et se produisent à la tombée de la nuit.

Cependant ce schéma méritait d'être précisé : sous la direction de MM. TROUVELOT et RÉGNIER, qui m'ont fait bénéficier de leur appui et de leurs conseils, je me suis proposé de définir les conditions dans lesquelles s'opèrent les sorties printanières des Hannetons et d'établir, dans la mesure du possible, les règles qui les régissent. Au point de vue biologique, les vols printaniers présentent des particularités qu'il était intéressant d'analyser : déclenchement non seulement à une époque bien déterminée de l'année, mais aussi à une heure fixe de la journée ; arrivées simultanées d'un très grand nombre d'insectes, se concentrant sur certains points très localisés des lisières forestières ou des boqueteaux.

Pour l'agronome, les sorties préalimentaires constituent la phase du cycle évolutif la plus importante. Comme l'a montré R. RÉGNIER (14), le hannetonnage manuel, malgré de très grandes destructions d'individus, a donné des résultats très irréguliers et bien des fois s'est révélé totalement inefficace, le nombre des survivants restant sur les arbres étant bien souvent suffisamment important pour que les pontes et les éclosions de Vers blancs soient supérieures aux seuils de tolérance de la plupart des cultures. Les progrès des techniques de traitement chimique (la découverte de puissants insecticides organiques de synthèse et la mise au point d'appareils à grand rayon d'action, terrestres et aériens), ont permis d'envisager la destruction des Hannetons sur les arbres par épandage d'un produit insecticide sur les feuilles nourricières.

Comme nous l'avons déjà souligné (8), (15), les « opérations-hannetons », l'expérience l'a démontré, sont de réalisation très délicate. Outre les difficultés matérielles auxquelles elles se heurtent, elles doivent être, évidemment, adaptées à la biologie des insectes visés : il est indispensable, en particulier, de savoir où en sont les sorties préalimentaires pour intervenir au moment opportun. Aussi, les recherches sur le déterminisme des différentes phases de l'activité printanière des Hannetons ont-elles bénéficié du concours financier de l'Institut Technique de la Betterave que nous tenons à remercier ici [1].

Ces études commencées en 1948 ont été poursuivies pendant 5 ans, partie en laboratoire de campagne pour les observations dans la nature, partie à la Station de Rouen, pour l'expérimentation.

Des travaux sur le même sujet, d'importance primordiale pour la lutte contre ces ravageurs, ont été conduits parallèlement dans des types de biotopes très différents en Alsace par la Station de Zoologie

[1] J'exprime aussi mes vifs remerciements à MM. DUSAUSSOY et MAILLARD, Agents techniques à la Station pour l'aide efficace qu'ils m'ont apportée.

Agricole de Colmar et en Suisse par la Station d'Essais Agricoles de Wädenswill. Les publications de MM. COUTURIER et ROBERT (3), (4), et celles de M. SCHNEIDER (17) sont consacrées surtout au problème de l'orientation des vols crépusculaires. Nous ne ferons pas mention de nos observations sur le même sujet et le présent mémoire a essentiellement pour objet d'exposer les résultats obtenus en ce qui concerne le déclenchement et le déroulement des sorties préalimentaires, c'est-à-dire, le processus des remontées puis des apparitions des insectes à la surface du sol.

II. — ANALYSE DE LA BIBLIOGRAPHIE

Dans un ouvrage paru en 1920, DECOPPET (5), rassemblant les faits acquis jusqu'à cette date, écrit « l'Étude des courbes thermiques du printemps prouve clairement le rapport qui existe entre la température et l'apparition. Les Hannetons se mettent à voler dès que la température moyenne de la journée atteint ou dépasse 15°. On a constaté que lorsque le temps est beau la période d'apparition est moins longue (15 jours environ) que lorsque le mauvais temps survient au milieu des vols. Mais si la pluie et le froid, pendant lesquels la vie active est presque complètement arrêtée, se prolongent trop longtemps, les accouplements sont presque impossibles et les pontes extrêmement diminuées et il est clair que, dans ce cas, la génération suivante sera baucoup moins nombreuse. »

Ce sont là des données très générales et assez vagues.

MEUNIER (1927) (12), en étudiant en actographes les diverses phases physiologiques de la vie de l'imago, définit les différents stades : « Hannetons de terre », « Hannetons de forêt primaire », etc.

Il met en évidence l'étroite relation existant entre le coucher du soleil et le début des vols crépusculaires : au cours du printemps à l'accroissement de la durée du jour correspond un retard dans le déclenchement des envols. Il montre l'action déterminante de la lumière sur le vol : des crépuscules réalisés artificiellement provoquent l'envol au milieu de la journée.

A notre connaissance, c'est NEU (13), qui en 1941 fit le premier des observations détaillées sur les sorties préalimentaires des Hannetons (*M. melolontha* et *M. hippocastani*) et se préoccupa de l'influence des conditions atmosphériques avant et pendant les vols. D'après les courbes des vols et le relevé des températures moyennes de la journée et à 20 h, il vit que la relation entre le vol et le temps, surtout la température, est particulièrement nette au début des vols et que la température du jour entier est au moins aussi importante que celle du début du vol.

SCHNEIDER-ORELLI en 1947 (18) a noté jour après jour la température au moment des vols crépusculaires : ceux-ci n'eurent lieu que s'il

y avait plus de 10°C. D'autre part, les observations dans la nature confirment les données expérimentales de MEUNIER : le début des envols se fit de plus en plus tard à mesure que la saison s'avançait.

Mais les études systématiques des sorties printanières ne furent entreprises qu'en 1948, par WIESSMANN et GASSER (6) à Torny-le-Grand, dans le Canton de Fribourg, et par la Station de Zoologie de Rouen, à la Neuville-en-Hez (Oise).

Les auteurs suisses à l'aide de 4 cages en mousseline de 6 m × 4 m ont suivi jour par jour les apparitions à la surface du sol. Ils ont compté chaque soir le nombre d'individus passant dans un certain champ visuel et établi le climatogramme de la période correspondante. De ces graphiques ils déduisent que « la montée à la surface et la sortie dépendent de la température du jour et de l'ensoleillement » : lorsque, à midi, le thermomètre marque plus de 12°, on doit s'attendre le soir à des vols importants si la température entre 19 h et 20 h est supérieure à 10°C. Les sorties de Hannetons seraient liées à la température diurne et le vol préalimentaire à la température crépusculaire. Mais l'envergure du vol crépusculaire est en rapport avec celle des sorties ; les deux courbes sont semblables. Ces deux phénomènes se prolongent trois à quatre semaines. Les vols maxima correspondent à des jours de fortes températures précédés par des jours froids (effet de refoulement dû au froid).

En 1949, TROUVELOT et BILIOTTI (19), au cours de la première campagne de hannetonnage chimique de grande envergure — entreprise en France — constatèrent à Étrepagny (Eure) que : « les sorties ont débuté puis se sont poursuivies en gros synchroniquement sur tout le territoire étudié, mais que les rythmes suivis dans les divers sites d'observation présentent de notables différences dans leurs débuts. Il y a donc, à côté d'un phénomène général incontestable, une tendance vers une certaine diversité locale des sorties qui est en rapport avec les microclimats. »

En 1950, dans la région de Martigny (Valais) CLAUSEN et NICOLLIER (1) firent le relevé des concentrations et observèrent les vols de Hannetons en de très nombreux endroits. D'après eux, les vols eurent toujours lieu à la suite d'une journée claire et sans pluie, lorsque le ciel au crépuscule était aussi très clair et la température de l'air supérieure à 10°C.

La même année, dans la région de Bâle, KERN et GUNTHART (10) étudièrent les sorties et les vols par comptage des insectes passant dans un secteur visuel donné et dressèrent le climatogramme complet de la période intéressée : température de l'air et du sol, hygrométrie et degré d'obscurité au moment des vols.

A la même époque, P. ROBERT (16) faisait des études semblables à Rouffach (Haut-Rhin) et A. COUTURIER et B. HURPIN dans la région de Dannemarie (Haut-Rhin).

Des recherches de ces divers auteurs, il résulte que :

Les sorties printanières des Hannetons durent environ 3 semaines et se produisent lorsqu'après une belle journée (température moyenne supérieure à 12°C), il fait assez chaud (au moins 10°C) au crépuscule pour permettre l'essor des insectes.

Les différences microclimatiques locales déterminent des variations dans le rythme des apparitions, mais le phénomène général reste le même.

III. — MÉTHODES D'ÉTUDES

Nos recherches ont été réalisées en Laboratoire de campagne en 1948 à la Neuville-en-Hez (Oise), en 1949 à Saint-Saens (Seine-Inférieure), en 1950 à Dannemarie (Haut-Rhin), en 1951 à Fay-Saint-Quentin (Oise), en 1952 à Saint-Saens (Seine-Inférieure), et en 1953 à Paimpont (Ille-et-Vilaine).

Nous nous sommes proposés d'approfondir la définition des conditions climatiques liées au déclenchement des sorties printanières et d'expliquer les oscillations notées dans les courbes représentant leur évolution en fonction du temps, de façon à prévoir dans une certaine mesure la date des premières apparitions et d'estimer la probabilité de grands vols à une époque donnée.

Nous avons cherché à déceler l'influence relative des conditions thermiques, hygrométriques, barométriques, régnant au cours de la journée par rapport aux mêmes facteurs mesurés au crépuscule.

En 1948, nous nous sommes contentés d'apprécier le nombre de Hannetons passant toutes les minutes dans un secteur visuel aussi bien délimité que possible pendant toute la durée de l'activité crépusculaire.

Parallèlement, nous avons relevé les données climatiques de la journée et du crépuscule.

A partir de 1949, les sorties ont pu être chiffrées, pour une superficie donnée dans telle ou telle culture ou type de terrain, par l'emploi de cages en filets de pêche posés sur le sol. Ces cages de 4 m × 4 m, constituées par un filet à maille de 0,4 cm porté par 16 piquets, avaient 50 cm de hauteur et étaient appliquées sur le sol par des lattes maintenues par des fiches.

Chaque jour et, en général, plusieurs fois au cours de la même journée, une personne, se glissant sous le filet, récoltait les insectes accrochés aux mailles ou aux plantes.

Le soir et, le cas échéant, dans la journée, les vols étaient appréciés suivant la même méthode que l'année précédente. Des essais de comptages furent effectués en utilisant un cadre en bois de 2 m × 2 m situé à 1 m du sol et à quelques mètres de l'observateur, perpendiculairement à la direction des vols. Mais ce dispositif fut vite abandonné, car

il compliquait les relevés sans en augmenter suffisamment la précision, la perception des contours du cadre devenant rapidement peu commode à la faible luminosité du crépuscule. Des repères plus gros et plus lointains tels que des arbres ou des bâtiments se sont révélés beaucoup plus intéressants.

Dans toutes les courbes relatives aux vols préalimentaires, nous n'avons tenu compte que des arrivées sur les arbres précédant le début des pontes, ou se produisant dans les tout premiers jours de la période de ponte. Ensuite, en effet, il est très difficile de distinguer les insectes qui sortent du sol pour la première fois des femelles qui reviennent sur les arbres après la ponte. Le plus souvent cependant, la limite adoptée correspond aux faits comme le prouvent les relevés des filets, par exemple.

Les données climatologiques étaient fournies par un poste météorologique classique, complété par un équipement pour la mesure des températures dans le sol à 10 et 25 cm de profondeur, et consistant en thermo-

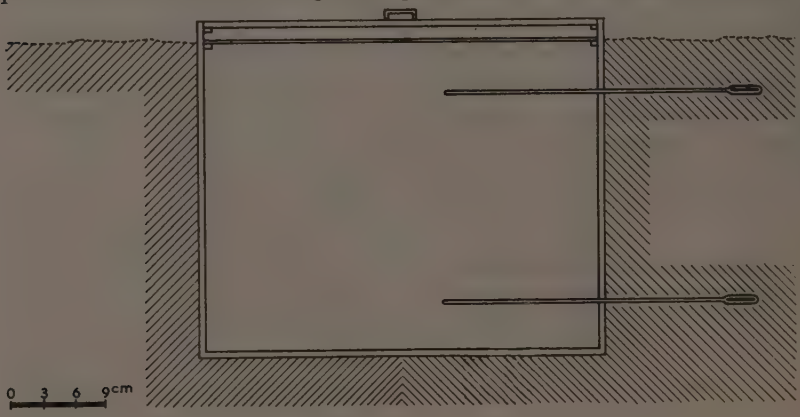


Fig. 1. — Schéma du dispositif utilisé pour la mesure des températures dans le sol.

mètres à maxima et à minima enfoncés horizontalement aux niveaux désirés (fig. 1). La recherche de repères phénologiques concordant avec le début des sorties a fait l'objet chaque année de notations portant sur les principaux arbres : chêne, hêtre, marronnier, charme et un certain nombre d'arbrisseaux ou de plantes basses.

IV. — DÉROULEMENT DES SORTIES ET VOLS PRÉALIMENTAIRES

a) En 1948

Les observations ont été réalisées sur le territoire de la commune de la Neuville-en-Hez, située en bordure Nord de la forêt de Hez, près de Bresles (Oise), en collaboration avec E. Biliotti.

Les premières apparitions de Hannetons ont été signalées le 20 avril au soir, mais les premiers vols importants ont eu lieu à partir du 23. — Le graphique 2 résume l'évolution des sorties en fonction du temps en relation avec les conditions atmosphériques, les relevés étant effectués tous les jours au même endroit.

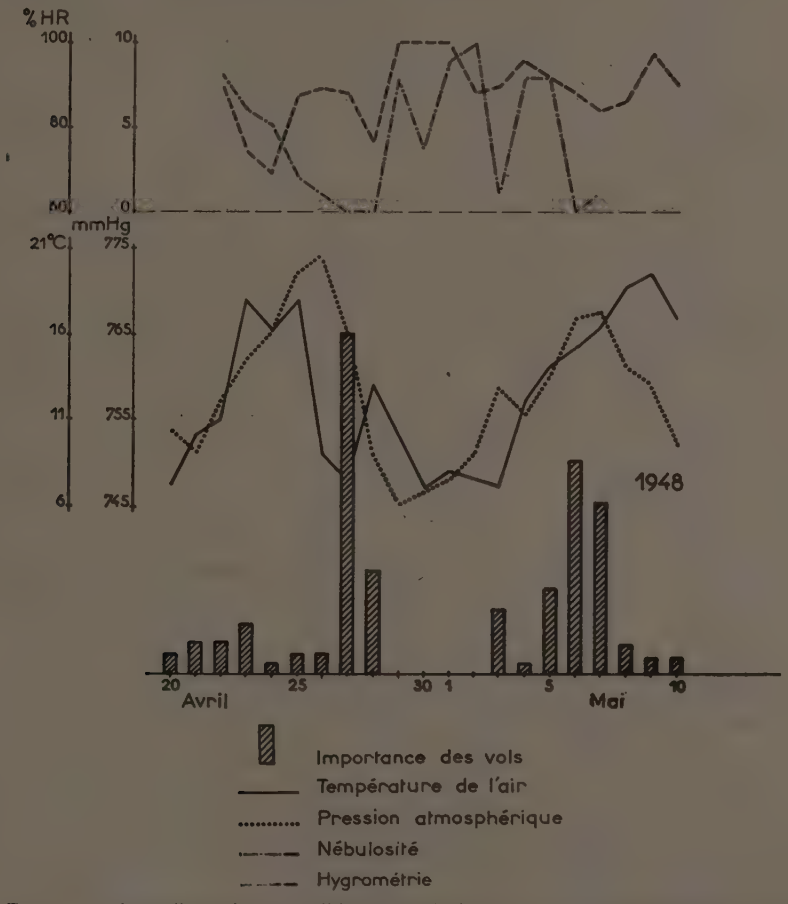


FIG. 2. — Vols préalimentaires et conditions atmosphériques à 20 h 30, La Neuville-en-Hez (Oise), 1948.

On voit que :

— L'époque des sorties préalimentaires va du 20 avril au 10 mai, c'est-à-dire, pendant 21 jours, avec seulement 4 soirs où les *Melolontha* furent inactifs.

— Il y a deux maxima très nets : le 27 avril et la période du 4 au 7 mai.

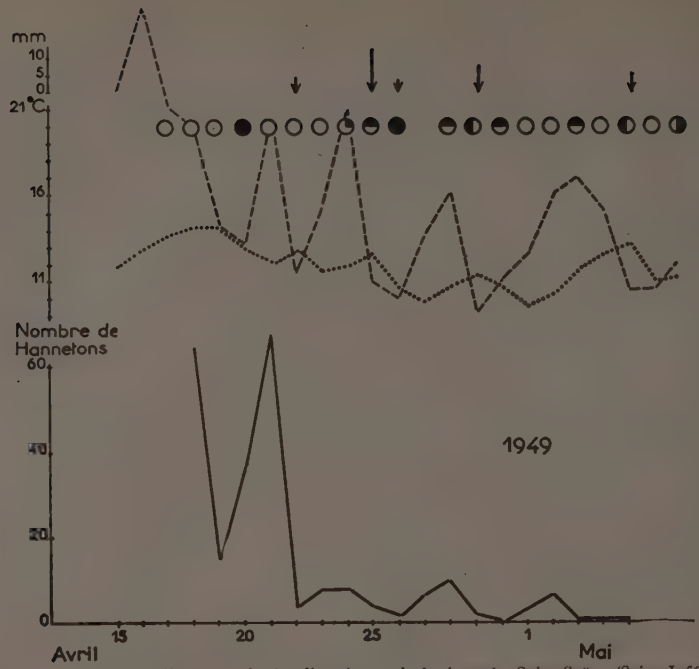


Fig. 3. — Sorties sous filets et relevés climatiques de la journée, Saint-Saëns (Seine-Inférieure). 1949.

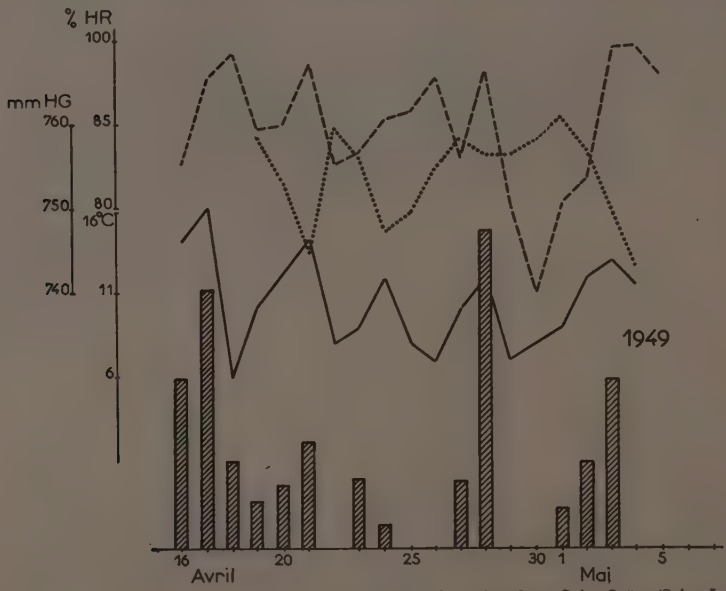


Fig. 4. — Vols préalimentaires et conditions atmosphériques à 20 h 30, Saint-Saëns (Seine-Inférieure). 1949. (Légende, voir fig. 2).

LÉGENDE DES FIGURES 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.

——— Nombre d'insectes sortis
..... Température du sol à 25 cm
– – – – Température sous abris à midi
↓ Chûtes de pluie en mm
○ Journée constamment ensoleillée
◐ Ciel couvert le matin, ensoleillé l'après-midi
◑ Ciel couvert l'après-midi, ensoleillé le matin
◓ Ciel couvert toute la journée avec très nombreuses éclaircies
◔ Ciel couvert avec quelques éclaircies

— La courbe de l'activité des insectes et celles de la variation de la pression atmosphérique et de la température sont semblables.

— Des vols importants peuvent se produire alors que la température crépusculaire est peu élevée, ainsi le 3 mai à 21 h. le thermomètre-fronde n'indiquait plus que 5°5.

b) **En 1949**

Les études faites à Saint-Saens ont porté à la fois sur les sorties de terre proprement dites, contrôlées par dix filets de 16 m² et sur les arrivées crépusculaires évaluées les premiers jours à la lisière de la forêt d'Eawy, au lieu dit « Le Vaudichon » et ensuite à la ferme Pessy sur le plateau de Mesnil-Bénard.

Les filets furent placés le 15 avril sur des terrains et des cultures variés à des expositions différentes : cinq en prairies, deux sur du blé, un sur de l'avoine, un dans le trèfle et un sur une friche. Les insectes étaient ramassés deux fois par jour, au début de l'après-midi et après les vols crépusculaires (21 h 30 environ).

La récolte de Hannetons commencée le 16 avril se termina le 2 mai, mais les 7/10e du total furent comptés entre le 16 et le 21 avril. Les captures les plus nombreuses furent notées en prairies et dans l'avoine, les filets posés dans le trèfle et le blé ne donnèrent que quelques individus (fig. 3).

Le double contrôle quotidien nous permit de mettre en évidence un fait suggéré par les observations de l'année précédente, à savoir que les sorties ont lieu aussi bien pendant la journée qu'au crépuscule : sur 244 Ip récoltés au total, 72 sont apparus à la surface pendant le jour.

Déclenchée par les chaleurs des fêtes de Pâques nettement supérieures à la moyenne, la période des vols préalimentaires s'est étendue

du 16 avril au 3 mai, soit 17 jours au cours desquels il y eut 13 jours d'activité. Le graphique 4 permet de comparer l'intensité des arrivées sur les arbres et les conditions météorologiques .: les 17 et 28 avril eurent lieu les plus grands vols, en liaison avec des sommets de la courbe thermique, ainsi qu'avec les degrés hygrométriques crépusculaires les plus élevés.

c) En 1950

A la suite des sondages réalisés par la Station de Zoologie de Colmar en septembre 1949 et en mars 1950, 7 batteries de 4 filets de 15 m² chacun et une de 12 filets, furent installées au début d'avril aux endroits des plus fortes infestations, tout autour du massif du Buchwald situé à l'est du village de Traubach-le-Bas, près de Dannemarie (Haut-Rhin).

La deuxième quinzaine d'avril fut caractérisée par un mauvais temps continuel, froid et pluvieux ; aussi, les premiers Hannetons n'apparurent sporadiquement que le 29 avril et de façon notable le 30. — Les récoltes, faites tous les matins vers 9 h, durèrent jusqu'au 24 mai et furent donc très échelonnées (26 jours). — Les prises les plus considérables (150 à 200 insectes), eurent lieu les 2,5, 6, 8 et 9 mai (fig. 5).

L'important étalement dans le temps des sorties paraît lié à la variété des conditions locales de milieu dans la zone étudiée, car si tous les filets étaient disposés en prairies, les uns étaient installés sur des crêtes et d'autres dans des fonds plus ou moins marécageux à différentes expositions. Dans une récente publication (4) Couturier et Robert ont montré la variabilité des données fournies par les divers groupes de filets, suivant la vitesse de ressuiement des terrains où ils étaient placés et en rapport avec leur exposition.

Les vols du soir étaient contrôlés en trois endroits par trois équipes de deux personnes. Les premiers se produisirent le 30 avril et présentèrent d'emblée une grande envergure ; ensuite de grands vols furent notés les 5, 8 et 9 mai pour la période précédant le début des pontes. Une fois la ponte commencée, de très nombreuses arrivées sur les arbres furent comptées le 18 mai, mais il est peu facile de savoir quelle était la proportion d'individus à jeun parmi les insectes revenant dans les bois après une première ponte. Des vols préalimentaires moins considérables furent observés les 1, 2, 8, et 11 mai.

Le graphique 6 révèle un certain parallélisme entre l'intensité des vols préalimentaires et les courbes de température et de degré hygrométrique mesurés au crépuscule.

d) En 1951

Les recherches ont été effectuées à Fay-Saint-Quentin (Oise) dans la zone soumise au hannetonnage chimique puis dans le secteur-témoin

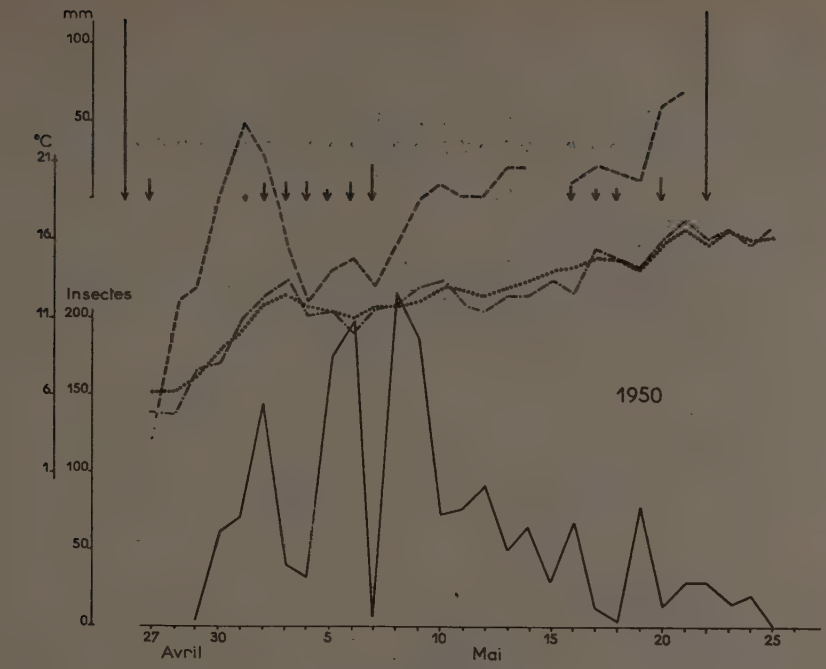


FIG. 5. — Sorties sous filets et relevés climatiques de la journée, Dannemarie (Ht-Rhin), 1950. (Légende, voir fig. 3).

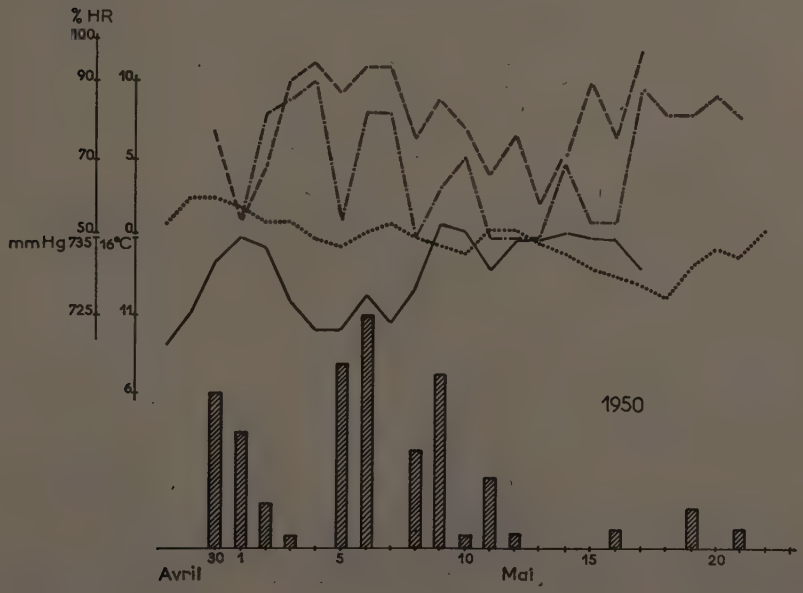


FIG. 6. — Vols préalimentaires et conditions atmosphériques à 20 h 30, Dannemarie (Ht-Rhin). 1950 (Légende, voir fig. 2).

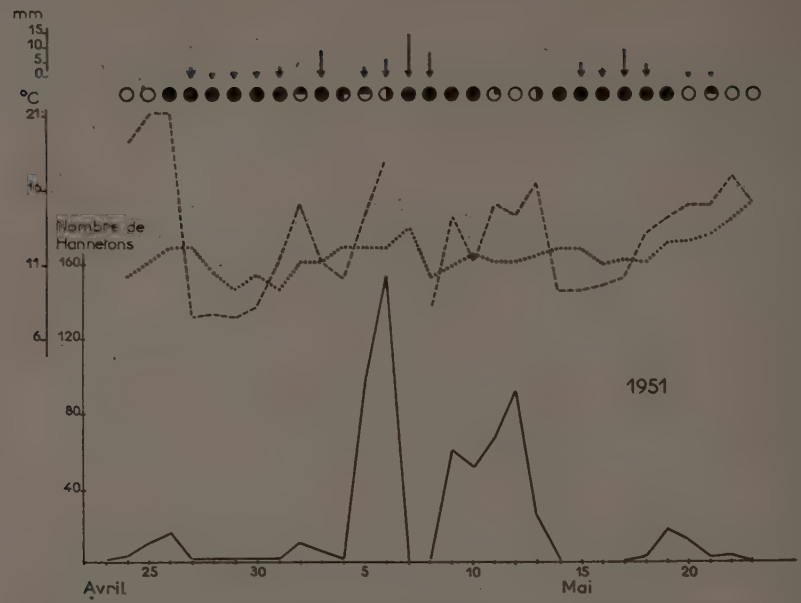


FIG. 7. — Sorties sous filets et relevés climatiques de la journée. Fay-Saint-Quentin (Oise), 1951 (Légende, voir fig. 3).

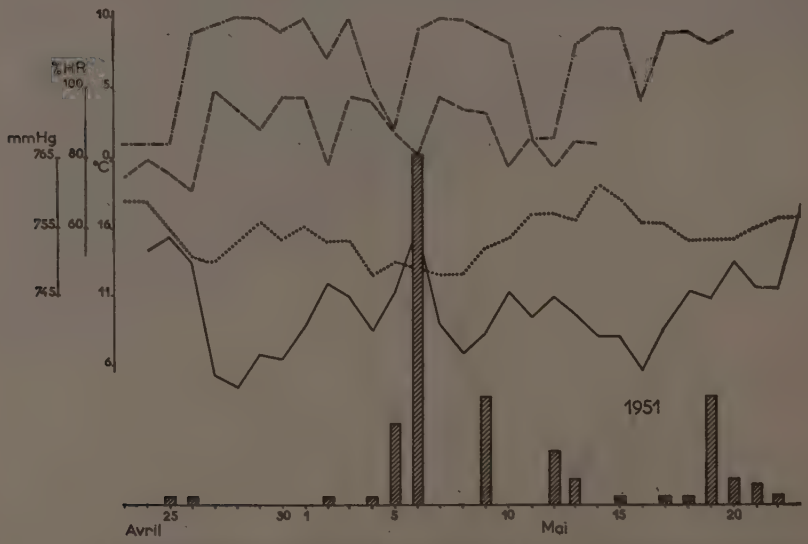


FIG. 8. — Vols préalimentaires et conditions atmosphériques à 20 h 30, Fay-Saint-Quentin (Oise) 1951. (Légende, voir fig. 2).

à Plessier-sur-Bulles. Aussi, pour l'établissement de la courbe des vols préalimentaires, nous avons dû établir un coefficient de correction entre les relevés provenant des deux régions, coefficient calculé d'après la comparaison de l'ampleur des vols dans les deux endroits au cours de deux soirées.

Sept filets couvrant 100 m² au total furent mis dans une luzernière de 3 ans. Quelques individus isolés y furent capturés du 23 au 26 avril et les 2 et 3 mai, mais les véritables sorties ne commencèrent que le 5 mai, c'est-à-dire à une date encore plus tardive que l'année précédente en Alsace.

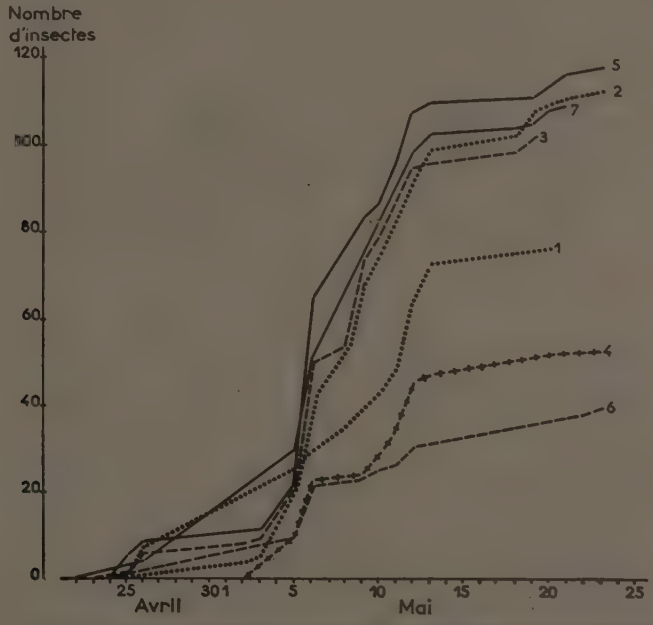


FIG. 9. — Courbes cumulatrices des sorties dans 7 cages d'un même groupe de filets, Fay-Saint-Quentin (Oise), 1951.

Les récoltes persistèrent jusqu'au 23 mai (fig. 7), ce qui donne une période de sorties s'étendant sur un mois. Cet échelonnement particulièrement important de l'activité des Hannetons est lié aux conditions météorologiques exceptionnelles du printemps 1951 dans la région parisienne où le mois de mai fut anormalement pluvieux et froid : 22 jours de pluie et une température moyenne de 11° !

La figure 9 montre que les indications fournies par les filets peuvent varier dans le même champ à quelques mètres près. Par conséquent, les chiffres obtenus par cette méthode ne peuvent être susceptibles que de traduire l'allure générale des sorties, et, naturellement, l'approxima-

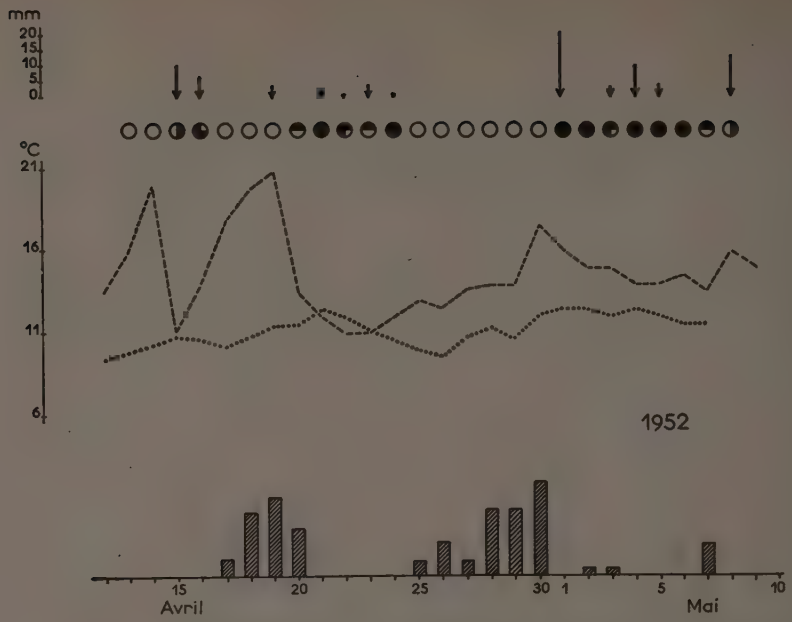


FIG. 10. — Vols et relevés climatiques de la journée, Saint-Saëns (Seine-Inférieure), 1952. (Légende, voir fig. 3).

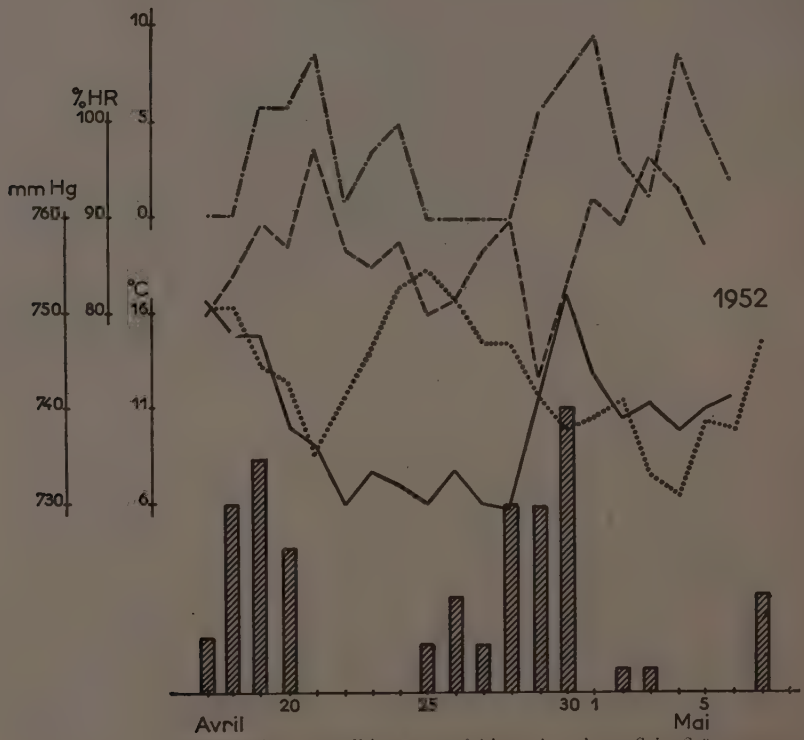


FIG. 11. — Vols préalimentaires et conditions atmosphériques à 20 h 30, Saint-Saëns, 1952. (Légende, voir fig. 2).

tion obtenue sera d'autant meilleure qu'on pourra disposer de plus de cages.

Les venues sur les arbres eurent, comme les années précédentes, un déroulement parallèle à celui des sorties sous filets. Des Hannetons isolés furent notés les 25 et 26 avril au soir, ainsi que les 2 et 4 mai, mais le premier vol proprement dit n'eut lieu que le 5 mai ; il fut suivi d'un vol massif le lendemain. Ensuite, les arrivées préalimentaires se déroulèrent en fonction des conditions climatiques ; souvent perturbées par la pluie, elles se prolongèrent jusqu'au 22 mai (graphique 8).

Ce sont vraisemblablement les facteurs climatiques qui provoquèrent des vols préalimentaires diurnes, dont nous avons déjà exposé les caractères (9). Ils furent particulièrement importants les 13 et 20 mai, en fin de matinée et montrent que le crépuscule n'est pas indispensable au déclenchement des envols préalimentaires. Cet aspect de l'activité diurne de *M. melolontha* passe généralement inaperçue car seuls des insectes isolés sont le plus souvent en cause, mais en 1951, par suite du temps anormal, on enregistra de véritables « vols », qui prouvèrent toute l'importance de ce phénomène.

e) En 1952

Les études furent de nouveau menées à Saint-Saens, mais par suite de la régression des populations de Hannetons, nous avons dû faire les observations de vols dans un endroit différent de celui qui avait été choisi 3 ans auparavant. Nous sommes toutefois restés sur le plateau de Mesnil-Bénard et avons opéré près de la ferme du Pucheuil. — D'autre part, notre programme de recherches comportant surtout des expériences en laboratoire, nous n'avons pas disposé de filets pour l'examen des sorties.

Les graphiques 10 et 11 se rapportent à l'évolution de l'intensité des vols vers les arbres, en liaison avec les conditions climatiques déjà étudiées antérieurement.

D'une manière générale, les vols de 1952 furent toujours de faible envergure : on compte au maximum 80 Hannetons à la minute, dans un champ visuel donné, alors que les années précédentes les grands vols se caractérisaient par plusieurs centaines d'individus passant en une minute devant l'observateur.

Les vols les plus importants eurent lieu les 18, 19, 20 avril d'une part et les 28, 29, 30 avril d'autre part, et enfin, le 7 mai. Une activité notable mais nettement moindre fut enregistrée les 17, 25, 26, 27 avril, 2 et 3 mai. Les 7 jours de vols plus intenses (car il est difficile de parler de grands vols vu la faiblesse des arrivées et des infestations sur les arbres) correspondirent tous à de belles journées ensoleillées alors que les tempé-

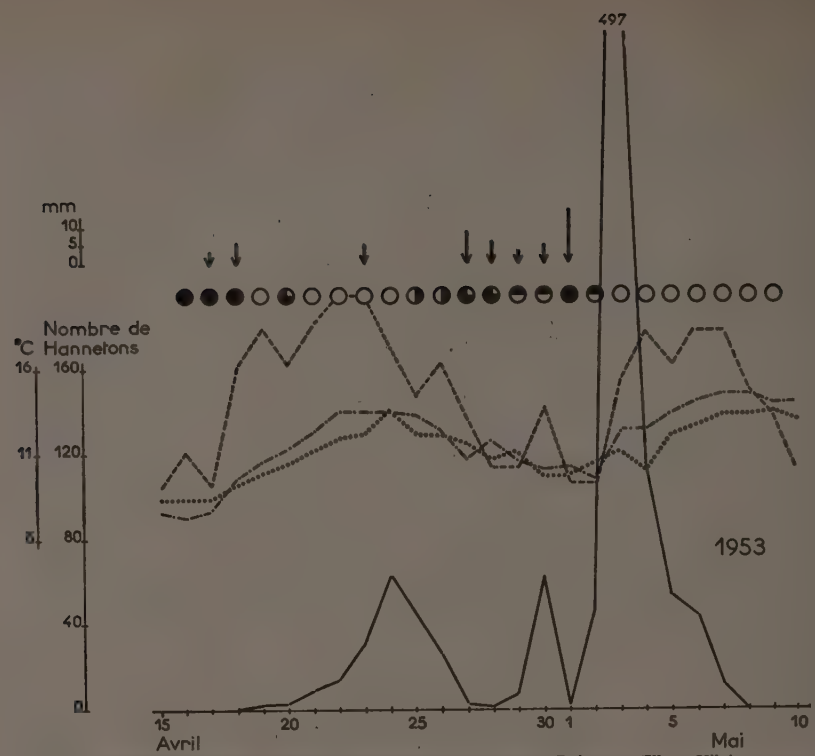


FIG. 12. — Sorties sous filets et relevés climatiques de la journée, Paimpont (Ille-et-Vilaine), 1953. (Légende, voir fig. 3).

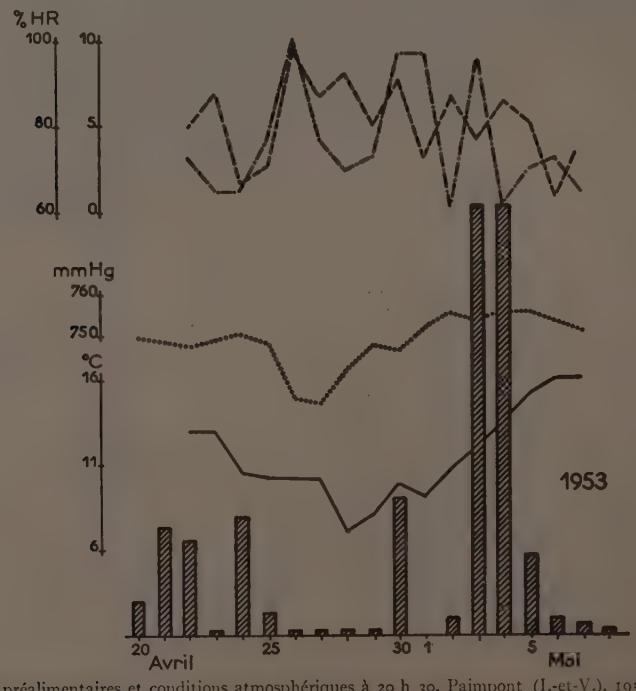


FIG. 13. — Vols préalimentaires et conditions atmosphériques à 20 h 30, Paimpont (I.-et-V.), 1953.

ratures de l'air au moment du coucher du soleil étaient souvent très basses et inférieures au seuil généralement indiqué (8°) : 6° les 25, 27, 28 avril et 8° le 26 avril.

Cependant la courbe thermique et l'importance des sorties présentent toujours des variations parallèles.

L'activité préalimentaire commencée le 17 avril se termina le 7 mai et il y eut 14 jours de vols pendant ces 21 jours.

f) En 1953

Les observations ont été principalement l'œuvre de J. MAILLARD à l'occasion de l'opération-Hanneton de Paimpont (Ille-et-Vilaine). Elles étaient destinées à compléter notre documentation et aussi à déterminer l'époque optimum pour mettre en route les pulvérisateurs et les poudreuses. Vingt-cinq filets avaient été répartis au hasard par groupes de 2 ou de 4 sur les 10 000 hectares intéressés par le hannetonnage. Les contrôles faits tous les matins vers 9 heures donnèrent les premiers individus, isolés, le 18 avril, mais les sorties ne commencèrent vraiment que le 21 (graphique 12). Malgré un temps généralement beau, elles furent peu importantes jusqu'à la fin du mois et la grande majorité des insectes apparut en surface les 3 et 4 mai, en liaison avec un temps chaud et ensoleillé, succédant à quelques jours frais et pluvieux (« effet de refoulement » dû au froid et à la pluie, suivant l'interprétation de WIESMANN ?). Les derniers Hannetons furent ramassés sous les cages le 8 mai, soit 19 jours après le début des sorties : la courbe des vols crépusculaires, comme les années précédentes, est parallèle à celle des sorties sous filets, l'une confirme donc l'autre (fig. 13).

L'activité crépusculaire fut examinée dans un grand nombre de postes, mais seuls 7 d'entre eux fournirent des renseignements suivis journellement. Comme nous l'avons déjà indiqué antérieurement (8) les vols furent plus hâtifs dans la zone Sud que dans la zone Nord et surtout que dans la zone Ouest, à terrain plus lourd et plus froid. Les comptages des 3 et 4 mai au soir ne purent être réalisés tant les arrivées sur les arbres étaient denses alors que les soirs précédents les vols furent d'envergure très limitée. Les derniers vols préalimentaires typiques furent enregistrés le 8 mai.

EN RÉSUMÉ. — Ces 6 années d'observations (tableau I) montrent que les premières sorties se sont produites à des dates en rapport avec la précocité des « premiers beaux jours » et échelonnées entre le 16 avril en 1949 et le 5 mai en 1951.

Une fois déclenchées, les arrivées sur les arbres se poursuivent chaque soir, pendant 3 semaines environ (max. 27 jours, min. 18 jours),

TABLEAU I

Principaux caractères des sorties préalimentaires de 1948 à 1953

Année	Début des sorties	Fin des sorties	Dates des grands vols	Période d'activité préalimentaire.	Nombre de jours de vols.
1948	20 Avril	10 Mai	27 Avril, 6 et 7 Mai	21 jours	17 jours
1949	16 Avril	3 Mai	17 et 28 Avril	18 jours	13 jours
1950	30 Avril	24 Mai	30 Avril, 5, 6 & 9 Mai	25 jours	14 jours
1951	25 Avril	22 Mai	6 & 19 Mai	27 jours	16 jours
1952	17 Avril	7 Mai	19 et 30 Avril	21 jours	13 jours
1953	20 Avril	7 Mai	24 et 30 Avril–3 Mai	18 jours	17 jours

suivant un rythme aussi accéléré que possible mais conditionné par les différences individuelles dans les réactions des Hannetons vis-à-vis des agents du milieu mais également par certains facteurs météorologiques inhibiteurs que nous allons examiner dans le paragraphe suivant.

Ces données sont en accord avec les remarques de NEU et WIESMANN. Il s'agit maintenant de définir quelles conditions climatiques déterminent le début de l'activité préalimentaire.

Nous chercherons aussi à interpréter les irrégularités enregistrées dans les courbes traduisant le rythme des sorties et des vols en fonction du temps.

V. — DÉCLENCHEMENT DES SORTIES

A. ACTION DE LA TEMPÉRATURE DU SOL

Au cours de l'hiver, le Hanneton, engourdi dans la loge nymphale, subit une évolution physiologique liée à l'élimination de la diapause vraie (7). La durée de cette phase dépend de la température du sol : en 1950 et en 1953, dans la région de Colmar, la plupart des femelles n'étaient pas encore parvenues à ce stade à la fin de mars, alors qu'en décembre 1953, dans la région de Paimpont (Ille-et-Vilaine), la majorité des insectes n'était plus qu'en pseudodiapause.

Lorsque la diapause est rompue, l'insecte est susceptible de réagir aux influences externes à partir de seuils que nous avons cherché à préciser à la fois par observation des phénomènes naturels et par expérimentation. Nous ne mentionnerons ici que les faits d'observation dans la nature.

La mesure à différentes profondeurs des températures dans le sol de prairies (terre non remuée) à partir de la fin de mars, montre que les premières émergences ont été notées dans les conditions thermiques résumées dans la figure 14. Ces courbes appellent les commentaires suivants :

En 1949, les premières sorties, le 16 avril, correspondent à une température du sol à — 30 cm supérieure à 11°C depuis 2 jours. Parallèlement à la température moyenne de l'atmosphère, la température du sol subit une rapide et forte augmentation qui provoqua l'envol des premiers Hannetons.

En 1950, les premiers vols furent notés le 30 avril au soir, alors que la température à — 25 cm n'était que de 9°C. Or, elle avait été plus élevée du 21 au 23 sans que des vols se produisent. Cependant, sous les filets on ramassa ces 3 jours-là quelques Hannetons isolés. Les insectes étaient donc prêts à prendre leur essor et il y aurait eu vraisemblablement

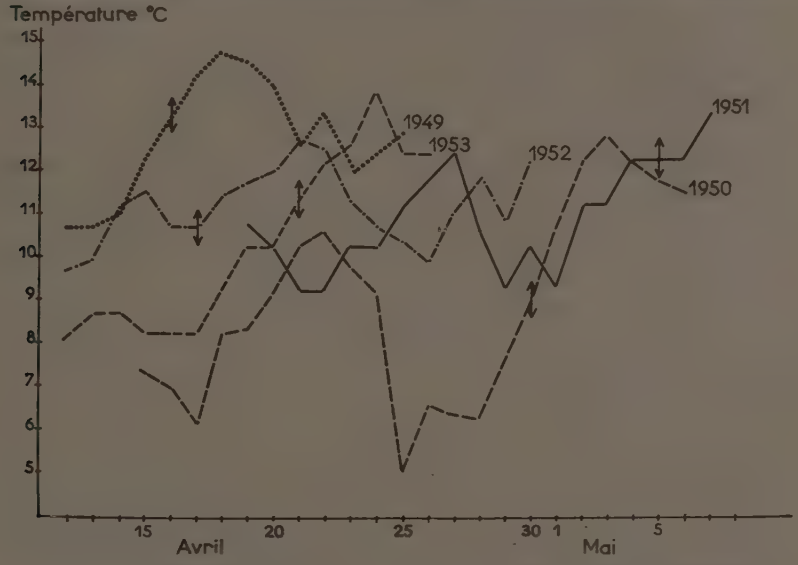


FIG. 14. — Température du sol à — 25 cm et date des premières sorties de Hannetons.

des envols notables s'il n'y avait pas eu de pluie du 20 au 27. Ces pluies inhibèrent les vols mais n'empêchèrent pas les Hannetons de commencer leur remontée sous l'influence du relèvement de la température. Les vols du 30 avril furent alors constitués par ces individus qui, parvenus plus près de la surface, étaient soumis à une température supérieure à celle des loges d'hibernation.

A partir du 1er mai, le réchauffement continu et progressif du sol permit aux insectes plus profondément enfouis d'être atteints par une température assez élevée pour permettre leur remontée puis leur émergence à l'air libre.

En 1951, le même phénomène se produisit : le début des vols a eu lieu le 5 mai, lorsque le thermomètre à — 25 cm indiquait au moins 11° depuis 3 jours. Mais les 26 et 27 avril, il marquait 12° au même niveau

sans qu'on enregistre de vols appréciables : seuls quelques *Melolontha* furent pris dans les filets ; il y a eu ces jours-là remontées de Hannetons mais guère de sorties, à cause du temps pluvieux. Celui-ci persistant jusqu'au 4 mai inclus, on comprend que les premiers envols n'aient été constatés que le 5 mai.

En 1952, les sorties commencèrent le 17 avril en liaison avec une température du sol à — 25 cm voisine de 11°. Il avait fait un peu plus chaud, au même niveau, les 14 et 15 avril : les insectes s'étaient déplacés vers les couches supérieures, mais leur essor fut bloqué par les pluies du 15 et du 16 et ne put se manifester qu'avec le retour d'un temps ensoleillé.

En 1953, les vols débutèrent le 20 avril, c'est-à-dire lorsque la température moyenne à 30 cm atteignit 10°, mais si l'on considère les températures maxima relevées à cette même profondeur, on notait 11° depuis la veille. Ce fait confirme que le repère thermique permettant d'apprécier la réactivation des Hannetons en hibernation est de 11°C.

Il apparaît donc que le déclenchement de l'activité préalimentaire de *M. melolontha* est lié au réchauffement du sol. *Il faut que la température au niveau où se trouvent les insectes en hibernation atteigne au moins 11° depuis 2 jours.* Lorsqu'il en est ainsi, les Hannetons remontent vers la surface où ils parviennent au bout de 2 heures à 4 jours, suivant la nature du terrain, sa compacité et son humidité. Dans un sol meuble 2 à 3 heures peuvent suffire, d'après nos essais en laboratoire effectués en plaçant des insectes recueillis derrière labours dans des cylindres en verre renfermant divers types de sols.

Si les conditions atmosphériques ne sont pas favorables à l'envol une fois l'insecte parvenu sous le couvert végétal, la sortie ne peut s'effectuer et les Hannetons restent en terre jusqu'au retour d'un temps propice. Mais alors à — 25 cm il peut faire plus froid que quelques jours auparavant et des vols se produisent malgré une température à cette profondeur inférieure à 11° ; phénomène constaté à diverses reprises.

Il est évident que ces chiffres n'ont rien d'absolu ; ils forment simplement un repère permettant de juger du degré de réchauffement du sol et d'estimer les possibilités d'envol des Hannetons. En effet, les phénomènes de remontée, puis de sortie, des insectes souterrains sont très complexes et liés aux divers facteurs considérés ci-dessous de sorte qu'il est difficile de ne considérer qu'un seul d'entre eux pris isolément. D'autre part, cette interdépendance des facteurs en cause explique l'échelonnement des sorties.

Causes de l'échelonnement des sorties

Dans le cas de *M. melolontha*, les variables qui interviennent dans les envols préalimentaires sont :

a) Les variations avec les individus dans leur comportement, leur temps de latence ou leur sensibilité aux stimuli extérieurs.

b) L'hétérogénéité dans la fin de la diapause. Chez les femelles par exemple, la croissance des ovaires et l'élimination parallèle de la diapause dépendent à la fois de la température et de l'importance des réserves du tissu adipeux. Aussi, à la mi-avril, on peut être en présence d'insectes bien réactivés, alors que d'autres sont encore en diapause. Pour ceux-là, le réchauffement du sol au printemps provoquera la sortie à l'air libre, pour ceux-ci, il permettra d'aboutir à la fin de la diapause et il leur faudra quelques jours de plus pour qu'ils apparaissent en surface.

c) La dispersion des lieux d'hibernation des Hannetons. En prairie, où le sol n'est pas dérangé, la nymphose s'effectue à des profondeurs très différentes, comme en témoigne le tableau 2 et, par suite au printemps, les imagos se trouvent à des distances variées de la surface. D'où les différences dans la vitesse de leur remontée, car les températures ne sont pas les mêmes, ni les distances à parcourir.

d) L'hétérogénéité de la température du sol, pour un même niveau, dans une prairie donnée : différences de terrain, d'exposition, de couvert végétal, etc.

e) L'influence du sol pour une région déterminée : nature, structure, humidité, exposition ; influence qui se manifeste directement par la résistance à la progression des animaux et indirectement par ses incidences thermiques.

f) L'action des cultures : la terre est plus ou moins abondamment et profondément remuée suivant les ensemencements. Il en résulte une aération plus ou moins importante du sol avec des vitesses de réchauffement très différentes. D'autre part, les gradients thermiques sont fonction du couvert végétal.

On comprend dans ces conditions que les sorties soient échelonnées sur 3 semaines environ, mais aussi qu'il est peu aisé de formuler une

TABLEAU II

Profondeurs des loges d'hibernation en prairies.
% de Hannetons trouvés aux diverses profondeurs

	5 à 10 cm	10 à 15 cm	15 à 20 cm	20 à 25 cm	25 à 30 cm	30 à 35 cm	35 à 40 cm
Région de Dannemarie (Ht Rhin) (1) Mars 1950 ..	4	22	38	23	11	1	1
Région de Paimpont (I. et V.) (2) Mars 1953 ..	3	21	36	21	8	7	4

(1) Communiqué par la Station de Zoologie de Colmar.
(2) Communiqué par le Service de la Protection des Végétaux de Rennes.

règle précise pour le déterminisme du dèclenchement de l'activité préalimentaire, seules des indications globales peuvent être valables.

L'expérience et les courbes analysées dans ce chapitre montrent que le repère : 11° à — 25 cm (où les variations diurnes sont de faible amplitude) a une valeur satisfaisante.

B. REPÈRES PHÉNOLOGIQUES

Chaque printemps nous avons noté l'état de la végétation et les progrès du débourrement. Il est apparu qu'il était peu facile de mettre en évidence un synchronisme net entre la foliaison de telle ou telle espèce végétale et le début des sorties des Hannetons. Ceci est dû à la grande

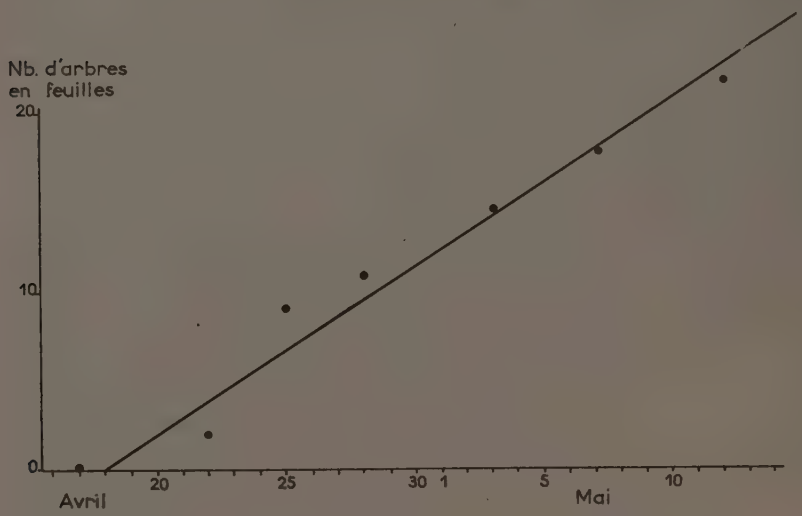


FIG. 15. — Débourrement d'une plantation de hêtres en fonction du temps. Saint-Saëns, 1949.

diversité relevée dans la pousse des feuilles d'une même espèce suivant : l'âge des arbres, leur exposition, la nature du terrain et aussi les clônes et les individus. Nous avons constaté à différentes reprises que deux chênes placés l'un à côté de l'autre et de la même importance présentaient des différences de plus de 8 jours dans les dates d'apparition de leurs feuilles. D'ailleurs, pour un même arbre, on voit souvent des branches pourvues de feuilles, alors que d'autres montrent des bourgeons plus ou moins éclatés. L'échelonnement du débourrement a été suivi en 1949 à Saint-Saens, sur une rangée de hêtres ayant sensiblement le même âge et bordant une prairie : comme le montre le graphique 15, les arbres les plus tardifs ont débourré 20 jours après les plus précoces.

Aussi, il est difficile de ne prendre que certains arbres comme re-

pères et nous avons établi nos relevés d'après l'observation de l'ensemble du peuplement de la zone étudiée. Le tableau III résume nos notations fondées sur deux critères : date (à 2 jours près) où les arbres les plus hâtifs présentent de petites feuilles, c'est ce que nous appelons « début du débourrement » et date où la moitié au moins des sujets est en feuilles ; c'est le stade dénommé « feuillaison ».

D'après ce tableau, on voit que le début de l'activité de Hannetons a eu lieu tous les ans lorsque les hêtres et les chênes les plus précoces ont eu des feuilles ; au moment également de la foliaison des arbustes des taillis : charmes, bouleaux, noisetiers. Les vols maxima correspondent le plus souvent à la feuillaison de la grande majorité des deux essences préférentielles : chênes et hêtres.

TABLEAU III

Relevés phénologiques et sorties des Hannetons

Phénologie	1949	1950	1951	1952	1953
Chênes :					
Début débourrement	16 Avril	25 Avril	26 Avril	15 Avril	20 Avril
Feuillaison	25 Avril	7 Mai	5 Mai	30 Avril	29 Avril
Hêtres :					
Début débourrement	16 Avril	20 Avril	24 Avril	17 Avril	
Feuillaison	25 Avril	6 Mai	5 Mai	22 Avril	24 Avril
Merisier :					
Début débourrement	16 Avril	5 Avril	18 Avril	16 Avril	
Feuillaison	20 Avril	25 Avril	25 Avril	22 Avril	20 Avril
Taillis, Charmes, Bouleaux, Noisetiers :					
Début débourrement	10 Avril	10 Avril	18 Avril	12 Avril	20 Avril
Feuillaison	15 Avril	25 Avril	24 Avril	19 Avril	25 Avril
Marronniers :					
Début débourrement			24 Avril	10 Avril	
Feuillaison				19 Avril	22 Avril
1res sorties des Hannetons	16 Avril	30 Avril	25 Avril	17 Avril	21 Avril
Grands vols	28 Avril	5 Mai	6 Mai	30 Avril	3 Mai

En résumé, s'il n'est pas possible d'établir un synchronisme strict entre les sorties des Hannetons et le débourrement de tel ou tel végétal (à moins de trouver par hasard une plante dont la reprise de végétation coïncide avec les mouvements des Hannetons), il existe un parallélisme certain entre la pousse des feuilles nourricières et l'apparition dans l'atmosphère des insectes à jeun. Les premières sorties se produisent lorsque les taillis sont verts et que quelques arbres de futaie débourrent, les grands vols sont notés quand ces arbres sont presque tous feuillus.

Cette relation est vraisemblablement due à des exigences très voisines de l'insecte et des plantes dont il se nourrit, en ce qui concerne les processus de réchauffement du sol. Elle permet de se rendre compte d'après l'observation des arbres, de l'imminence des premières sorties.

VI. — RYTHME DES SORTIES PRÉALIMENTAIRES

Dans le chapitre précédent, nous avons envisagé un certain nombre de phénomènes responsables de l'étalement des sorties sur plusieurs semaines. Nous nous proposons maintenant de mettre en évidence les facteurs qui provoquent les variations dans le rythme des sorties. Pourquoi voit-on certains soirs des arrivées massives alors que d'autres jours l'activité est beaucoup plus limitée, malgré des conditions atmosphériques peu différentes ?

Nous avons distingué les caractères climatiques du crépuscule et ceux de la journée et établi deux graphiques pour chaque année. L'un indique l'intensité des sorties sous les filets par rapport à la température du sol à — 25 cm, à la température sous abri à midi, à la pluviométrie et à l'aspect du ciel pendant la journée ; l'autre a trait aux notations de vols vers les arbres, en liaison avec les relevés au crépuscule : température, hygrométrie, pression atmosphérique, nébulosité.

A. VOLS ET CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES AU CRÉPUSCULE

α) **Influence de la pression atmosphérique.** — En 1948, on note un certain parallélisme entre les courbes de l'activité crépusculaire des insectes et celle de la pression atmosphérique bien que les grands vols du 27 avril se soient produits quand le baromètre commençait à descendre.

En 1949 et 1952, les vols eurent toujours lieu quand la courbe barométrique était décroissante, tandis qu'en 1950 et 1951 certaines arrivées correspondirent à des pressions croissantes (5 et 6 mai 1950, 9 mai 1951) et d'autres à une baisse du baromètre (5 et 6 mai 1951, 9 mai 1950) ou à une pression identique à celle de la veille (19 mai 1951).

Dans l'ensemble, on observe des vols lorsque le baromètre est haut ou que la courbe barométrique est passée par un maxima un ou deux jours avant, c'est-à-dire en fait, dans une période de beau temps.

β) **Influence de l'état hygrométrique et de la nébulosité.** — Si en 1948 et surtout en 1949, les courbes de l'humidité relative de l'atmosphère à 20 h 30 et des arrivées d'insectes à jeun sur les arbres présentent la même allure, il n'en est pas constamment de même et des vols importants ont été constatés par des hygrométries crépusculaires variées : élevée le 9 mai 1951, elle était beaucoup moins grande le 6 mai 1951. Des arrivées plus ou moins nombreuses furent enregistrées par des hygrométries relativement faibles le 1er mai 1950, le 29 avril 1952, le 24 avril 1953, mais en général il apparaît que les hannetons volent lorsque l'état hygrométrique est élevé.

La nébulosité, contrairement à l'hypothèse de CLAUSEN, ne paraît pas être un facteur limitant de l'intensité des vols préalimentaires. Comme le montre le tableau IV, il n'y a pas de relation entre l'ampleur des vols et l'étendue de la voûte céleste couverte par les nuages. Si la majorité des grands vols est enregistrée dans un ciel très dégagé, certaines sorties et non des moindres furent notées par temps très nuageux et il y eut autant de vols faibles par ciel clair que par temps couvert. Bien que des vols aient été observés alors qu'il pleuvait (les 3 et 6 mai 1950, le 6 mai 1951), les Hannetons ne manifestèrent aucune activité sous un ciel totalement nuageux : au moment des vols, il y avait toujours une éclaircie plus ou moins grande.

TABLEAU IV

Nébulosité au crépuscule et vols préalimentaires

	Grands Vols	Vols moyens	Vols faibles
Nébulosité supérieure à 7.....	3	3	12
Nébulosité supérieure à 4.....	2	1	4
Nébulosité supérieure à 3.....	7	6	12

γ) **Influence de la température.** — Elle paraît être prédominante, car tous les ans la courbe de la température à 20 h 30 et celle de l'importance des vols sont parallèles. Cependant, comme l'a déjà fait remarquer A. COUTURIER (4), le seuil thermique est inférieur à celui généralement indiqué (10°) et se situe aux environs de 4°. Ainsi en 1948, les plus grands vols se produisirent le 27 avril, alors que le thermomètre ne marquait que 7° 5 et le 3 mai de nombreux Hannetons se portèrent sur les arbres par une température ambiante de 7°. En 1949, on nota 6° lors des sorties du 18 avril et 9° pour celles du 23 et du 30 avril, en 1951, 8°5 pour les arrivées du 3 mai, et en 1952, 6° les 25, 27 et 28 avril et 7°8 le 26 avril.

En résumé, parmi les relevés météorologiques réalisés au crépuscule, seule la température compte, mais les vols préalimentaires de *M. melolontha*, s'ils sont facilités et accrus par les soirées chaudes, ne sont pas inhibés par un temps froid. Ils ont lieu généralement par un degré hygrométrique élevé de l'atmosphère. En fait, comme nous allons le démontrer dans le paragraphe suivant, c'est le « climat » de la journée qui importe surtout et qui détermine l'amplitude des vols du soir.

B. VOLS PRÉALIMENTAIRES ET CONDITIONS CLIMATÉRIQUES DE LA JOURNÉE

Les figures 3, 5, 8, 10 et 12 montrent que *les vols ont lieu lorsque la température à midi est supérieure à 12° et quand la journée a été suffisamment ensoleillée.* Si l'une de ces conditions n'est pas remplie l'activité

crépusculaire est nulle ou insignifiante. La hauteur d'eau recueillie au pluviomètre n'entre pas en jeu car les pluies nocturnes n'ont pas d'influence directe sur la sortie et l'envol. D'autre part, les températures maxima ou moyenne n'ont pas le même intérêt que la température à midi. Globalement leurs variations sont parallèles à celle des vols mais il y a des exceptions pour la température moyenne et la relation est moins précise avec la température maxima (qui intervient à des heures variées) qu'avec celle de midi.

Pour ne pas compliquer nos graphiques, nous n'y avons pas fait figurer ces températures et nous n'avons représenté que les données du thermomètre à midi, sous abri à 2 mètres.

De nombreux exemples prouvent ces relations :

— Il n'y eut pas de vols le 22 avril 1949 malgré un temps ensoleillé : à midi, le thermomètre ne marquait que 11°C (Température moyenne : 10°), alors que le 27 avril on compta de nombreux insectes arrivant sur les arbres, malgré une température moyenne de 9°6, mais la température à midi était ce jour-là de 13°5.

— Les vols du 3 mai 1949 s'expliquent par les 17° relevés à midi, malgré le temps variable, souvent couvert et une température moyenne de 7°7.

— Le 4 mai 1950 les Hannetons ne manifestèrent aucune activité tandis que le 5 mai, ils volèrent ; le 4 il y avait 12° à midi ; le 5, à la même heure 14°. Or, ces 2 jours-là, on notait les mêmes températures au crépuscule : 10°6 et 9°8.

— En 1951 des envols furent enregistrés les 9 et 19 mai à la suite de journées sans éclaircies, mais le 9 il y avait 12°5 à midi et 14 le 19.

Les mêmes faits se reproduisirent les 2 et 3 mai 1952.

Par contre, des phénomènes inverses peuvent se présenter : le 26 avril 1953, les vols furent sensiblement moins importants que ceux de la veille malgré 16° à midi, c'est que le temps fut couvert toute l'après-midi sans aucune éclaircie et que par suite, l'insolation ne fut pas suffisante pour provoquer l'envol des Hannetons parvenus à la surface du sol.

— Le 27 avril 1953, il n'y eut aucune activité crépusculaire bien que le thermomètre ait monté à 13° à midi : le temps couvert de l'après-midi et la pluie survenue à 14 h 30 en sont cause.

De même le 1er mai 1952 : à midi il y avait 16° mais le ciel resta couvert toute la journée et un violent orage provoqua de grosses averses à partir de 15 h.

VII. — CONCLUSIONS

Ces résultats sont accord avec une conclusion formulée par Neu : la température du jour est plus importante que celle se présentant en fin

de journée au début du vol, ainsi qu'avec les remarques complémentaires suivantes de GASSER et WIESMANN : lorsque le thermomètre marque plus de 12° à midi on doit s'attendre à des vols importants au crépuscule.

Nos relevés, faits pendant 6 ans, permettent de compléter les premières données apportées par ces auteurs et acquises à la suite d'observations ne portant que sur une seule saison.

Nous avons montré que non seulement la remontée et la sortie de terre sont liées à la température méridienne mais qu'il en est de même pour les vols. Il est maintenant bien établi par une longue suite de relevés, que les vols crépusculaires sont déterminés à la fois par une température suffisante à midi et par une insolation assez abondante au cours de la journée. Quant aux conditions au moment du crépuscule elles n'interviennent que dans une faible mesure : elles facilitent souvent les envols et accroissent leur nombre si elles présentent certains caractères : température élevée, humidité suffisante, beau temps. Elles deviennent inhibitrices dans le cas nettement contraire : température de l'air inférieure à 4°C, pluie abondante. Un temps frais (6 à 8°C par exemple) ou une pluie « passagère » au coucher du soleil n'arrêtent pas les Hannetons prêts à quitter le sol.

Les plus grands vols sont enregistrés lorsqu'à une période froide et pluvieuse succède une belle journée chaude et ensoleillée terminée par un crépuscule doux où l'air est riche en vapeur d'eau.

Ces faits donnent à penser que l'envol préalimentaire du Hanneton comme les vols de bourdonnement autour des branches, est en rapport avec la radiation solaire, suivant un processus comparable à celui que LE BERRE a mis en évidence pour l'envol du *Leptinotarsa decemlineata* SAY (11) et que cette action s'exerce même lorsque l'insecte est encore caché sous une mince pellicule de terre, la remontée étant finie mais la sortie étant imminente.

Il n'est pas impossible, comme nous en discuterons dans un prochain mémoire, que l'évolution des radiations au cours de la journée, soit à l'origine de la localisation si caractéristique de l'activité préalimentaire au cours du nycthemère.

VIII. — RÉSUMÉ

Après l'analyse de la bibliographie consacrée à cette très importante période de la vie aérienne de *Melolontha melolontha* L, le déroulement des sorties et vols préalimentaires est passé en revue pendant 6 années consécutives dans différentes régions de France. Il apparaît que les premières sorties liées au réchauffement de l'atmosphère et du sol ont été notées à des dates très diverses, comprises entre le 16 avril en 1949

et le 5 mai en 1951. Les arrivées sur les arbres se poursuivent pendant 3 semaines environ.

Les courbes représentatives de l'activité des Hannetons et des facteurs climatiques ou phénologiques montrent que les premières émergences ont lieu lorsqu'il y a 11° à 25 cm de profondeur dans le sol depuis 1 à 2 jours, quand les arbustes des taillis sont en feuilles et quand les chênes et hêtres les plus précoces sont en débourrement.

Le rythme des sorties est sous l'influence des conditions de la journée : température supérieure à 12° à midi, pas de pluies, et ensoleillement suffisant.

Le climat du crépuscule n'a qu'un rôle très réduit.

Reçu pour publication le 19 octobre 1955.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Clausen (R. L.) et Nicollier (J.). — Les rassemblements de Hannetons observés dans la région de Martigny. (*Mitt. der Schweiz. Ent. Gesel*, XXIII, n° 3, 1950).

(2) Couturier (A.) et Hurpin (B.). — Résultats principaux des observations relatives au Hanneton commun (*Melolontha melolontha* L), dans la région de Dannemarie en 1950. (*C. R. Acad. Agr. Fr.*, **37**, 4, 161-165, 1951).

(3) Couturier (A.) et Robert (P.). — Observations préliminaires sur le déterminisme de l'orientation des vols crépusculaires de *Melolontha melolontha* L. (*IX^e Congr. Intern. Entom.*, Amsterdam, 1951).

(4) Couturier (A.) et Robert (P.). — Recherches sur le comportement des Hannetons (*Melolontha melolontha* L.) au cours des vols crépusculaires. (*Ann. Épiphyties*, 1955 (sous presse)).

(5) Decoppet (M.). — Le Hanneton. Biologie, apparition, destruction ; un siècle de lutte organisée dans le canton de Zurich, (Lausanne et Genève, 1920.)

(6) Gasser (R.) et Wiesmann (R.). Contribution à l'Étude écologique, et à la destruction du Hanneton (*Melolontha melolontha* L) (*Rev. Path. Veg. Ent. Agr.* : XXIX, 1-2, 43, 103, 1950.)

(7) Hurpin (B.). — Relation entre la diapause et l'ovogénèse chez *Melolontha melolontha* L. (Coléopt. Scarabeidae). (*C. R. Acad. Sci.*, **237**, 1789-91, 1953).

(8) Hurpin (B.) et Maillard (J.). — Les bases écologiques locales d'une opération de Hannetonnage chimique. Le rôle des écologistes à Paimpont. (*Revue Zool. Agric. Appl.*, **53**, 7-9, 1954).

(9) Hurpin (B.). — Sorties et vols préalimentaires diurnes chez le Hanneton commun. *Congrès de l'A.F.A.S.*, Caen, 1955.

(10) Kern (F.) et Gunthart (E.). Weitere Untersuchungen über den Flug des Maikäfers (*Melolontha vulgaris* F.). (*Mittl. Schweiz. Ent. Ges.*, **23**, 226, 232, 1950).

(11) Le Berre (J. R.). — Action des facteurs climatiques sur l'incitation au vol du Doryphore. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **231**, 1096-98, 1950.

(12) Meunier (K.). Experimentelles über den Schwärmtrieb und das periodische Auftreten verschiedener Aktivitätsformen beim Maikäfer (*Melolontha melolontha* L.). (*Z. f. angew. Ent.*, **14**, 91-139, 1929).

(13) NEU (W.). — Der Maikäferflug an der Bergstrasse 1941 (*Z. f. Pfl. krankheiten u. Pfl. schutz.*), **52,** 249, 1942.
(14) REGNIER (R.). — Les recherches sur les Hannetons. Doit-on continuer à préconiser le hannetonnage ? (*C. R. Acad. Agr. Fr.*, **32,** 799-804, 1946).
(15) REGNIER (R.), HURPIN (B.) et MAILLARD (J.). — Peut-on prévoir l'importance et la date des grandes sorties printanières des Hannetons ? Quand doit-on traiter ? (*C. R. Acad. Agric. Fr.*, T. **39,** II, 573-579, 1953).
(16) ROBERT (P.). — L'évolution d'une population de Hannetons communs (*Melolontha melolontha* L.) dans un foyer simple à Rouffach (Haut-Rhin). (*Ann. Epiphyties*, **2,** 257-281, 1953).
(17) SCHNEIDER (F.). — Untersuchungen über die optische Orientierung der Maikäfer (*Melolontha vulgaris* F. *und M. hippocastani* F.) sowie über die Entstehung von Schwärmbahnen und Befallskonzentrationen (*Mitt. Schweiz. Ent. Ges.* **25,** 4, 269-340, 1952).
(18) SHNEIDER-ORELLI (O.). — Entomologisches Praktikum. *Aarau*, 1947.
(19) TROUVELOT (B.), BILIOTTI (E.), FAURE (R.) et VENTURA (E.). — La lutte chimique contre les Hannetons et les Vers blancs. (*Act. Agron.* Série C, **1,** 159 p., Paris, 1954). « Caractères fondamentaux de l'évolution et de l'activité des Hannetons à Étrépagny en 1949 », p. 39-44.

Le Directeur-Gérant : B. LACLAVIÈRE.

Imprimerie BUSSIÈRE à Saint-Amand (Cher), France. — 20-4-1956.
Dépôt légal: 2e trimestre 1956 — N° d'impression: 157

LA LUTTE CHIMIQUE CONTRE LES CHENILLES DÉFEUILLANTES DU POMMIER A CIDRE

PAR

M. RAUCOURT, G. VIEL et E. VENTURA

Laboratoire de Phytopharmacie, Versailles

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction.

Généralités.
Programme de travail.
Choix des produits et du mode de traitement.

I. — Toxicologie de la Cheimatobie.

Évolution de l'insecte.
Produits appliqués.
Résultats obtenus.

II. — Toxicologie de l'Hyponomeute.

Particularités de l'évolution de l'insecte.
Généralités sur les essais.
Détails des essais et résultats.
1. Essai au stade mineur.
2. Essai à la fin du stade mineur.
3. Essai au stade des nids.
Conclusions.

III. — Poudrage contre la Cheimatobie par appareil terrestre.

Généralités sur le traitement.
Étude de la répartition de la poudre.
Rendement du traitement.
Efficacité immédiate du traitement.
Persistance du traitement.

IV. — Poudrage aérien contre les chenilles défeuillantes.

V. — Conséquences des traitements pour l'hygiène.

Résumé.

INTRODUCTION

Généralités. — Depuis 1949, sous l'égide et grâce au concours financier du Groupement national interprofessionnel des fruits à cidre (G. N. I. F. C.) et du Fonds national de Progrès agricole, un ensemble de recherches a été poursuivi par la Station centrale de Zoologie Agricole et

le Laboratoire de Phytopharmacie en vue de la protection du Pommier à cidre. C'est à la suite d'un essai de traitement aérien réalisé par P. GRISON (1) que M. l'Inspecteur général MÉLOX, Directeur du G. N. I. F. C., a demandé à l'Institut National de la Recherche Agronomique d'étudier la possibilité d'utiliser l'avion pour l'épandage des insecticides sur les vergers de pommiers à cidre.

La production des fruits à cidre, en France, est caractérisée notamment par la faible valeur des récoltes. Cette culture ne peut supporter que des traitements pesticides très peu onéreux. D'une part, on doit les limiter aux déprédateurs les plus gênants, qui sont les chenilles défeuillantes ; d'autre part, même restreints à ce cas particulier, les traitements doivent être réalisés avec les moindres frais et pouvoir être supprimés chaque fois qu'ils ne sont pas indispensables. Les chenilles qu'il y a lieu de prendre en considération sont, dans les régions nord de la France, les larves de Cheimatobie (*Operophtera brumata* L.) et d'Hyponomeute (*Hyponomeuta padella* L.).

Les recherches envisagées pouvaient être rangées sous deux rubriques, selon qu'elles concernaient la prévision des pullulations (Station centrale de Zoologie Agricole) (12, 13) ou la réalisation des traitements chimiques (Laboratoire de Phytopharmacie). Le présent travail ne concerne que ce dernier point (15).

Programme de travail. — Les principales questions abordées par le Laboratoire de Phytopharmacie peuvent être résumées comme suit :

1. Vérification de nos connaissances sur la toxicologie des chenilles de Cheimatobie et d'Hyponomeute.

2. Possibilité de traiter avec efficacité et simultanément contre les deux espèces.

3. Réalisation pratique des poudrages, soit par motopoudreuse au sol, soit par avion.

4. Conséquences, pour l'hygiène, de telles applications d'insecticides, en particulier influence sur le bétail au pâturage.

Les résultats de ces recherches seront présentés sous les chapitres suivants :

I. — Toxicologie de la Cheimatobie ;
II. — Toxicologie de l'Hyponomeute ;
III. — Poudrage contre la Cheimatobie par appareil terrestre ;
IV. — Poudrage aérien ;
V. — Conséquences des traitements pour l'hygiène.

Pratiquement, les travaux ont été réalisés au cours de trois campagnes et dans des vergers différents :

pour les points I, III et V, en 1950, dans un verger de pommiers mis à notre disposition par M. LEPEUDRY, à Saint-Arnoult près de Deauville (Calvados),

pour le point II, en 1951, sur des pommiers situés à Attigny (Ardennes),

pour les points IV et V, en 1953, dans des vergers appartenant à M. CHÉRON, sur les communes de Saint-Clair-d'Arcey et de Grandchain (Eure).

Choix des produits et du mode de traitement. — Nous sommes partis de l'hypothèse que les traitements d'hiver par pulvérisation, susceptibles d'atteindre les chenilles défeuillantes en détruisant leurs formes d'hibernation (œufs et jeunes chenilles) pouvaient être trop onéreux pour la production de pommes à cidre. Il semblait *a priori* plus avantageux de traiter directement les chenilles dans les seuls cas où elles risqueraient de faire des dégâts graves, et d'utiliser le mode de traitement le plus économique, le poudrage. Celui-ci pouvait d'ailleurs être pratiqué par poudreuses terrestres ou, dans le cas de vergers très étendus, par appareils aériens.

Le choix du produit pouvait se faire entre le zeidane, l'H. C. H., le parathion et les arséniates. Les deux derniers ont été éliminés en raison de leur toxicité, rendue plus redoutable par l'emploi en poudrage et par le fait que les pommiers à cidre sont plantés dans des herbages. Entre le zeidane et l'H. C. H., des essais antérieurs avaient montré une certaine supériorité du premier, dans les traitements contre les chenilles de Lépidoptères (5).

Nous les avons cependant comparés, dans les essais de toxicologie, y ajoutant l'arseniate de plomb considéré comme étalon.

I. — TOXICOLOGIE DE LA CHEIMATOBIE

Évolution de l'insecte. — Les papillons de Cheimatobie apparaissent en novembre dans nos régions. Les femelles, dépourvues d'ailes, recherchent les arbres et grimpent le long du tronc. Après l'accouplement, elles vont déposer leurs œufs dans les anfractuosités des écorces, de préférence à l'extrémité des rameaux. La ponte peut s'échelonner sur plusieurs jours. L'éclosion des œufs a lieu en mars-avril. Les jeunes chenilles pénètrent d'abord dans les bourgeons en voie de débourrement. Plus âgées, elles s'attaquent au feuillage qu'elles peuvent dévorer en totalité, puis aux jeunes fruits. Vers la deuxième quinzaine de mai, les chenilles parvenues à leur complet développement se laissent tomber au sol par un fil soyeux, puis s'enfouissent pour se nymphoser. L'éclosion des papillons n'a lieu qu'à l'automne suivant.

Produits appliqués. — Nous avons cherché à comparer, sur les chenilles de Cheimatobie, la valeur insecticide des préparations suivantes :

poudre à 5 p. 100 de zeidane (1),
poudre à 8 p. 100 de zeidane,
poudre à 12 p. 100 de zeidane,
poudre à 10 p. 100 d'H. C. H.,
arséniate de plomb pour bouillie, titrant 21 p. 100 d'As et employé à la dose de 100 g d'As par hectolitre,
préparation bactérienne de l'Institut Pasteur, appliquée sans modification (2).

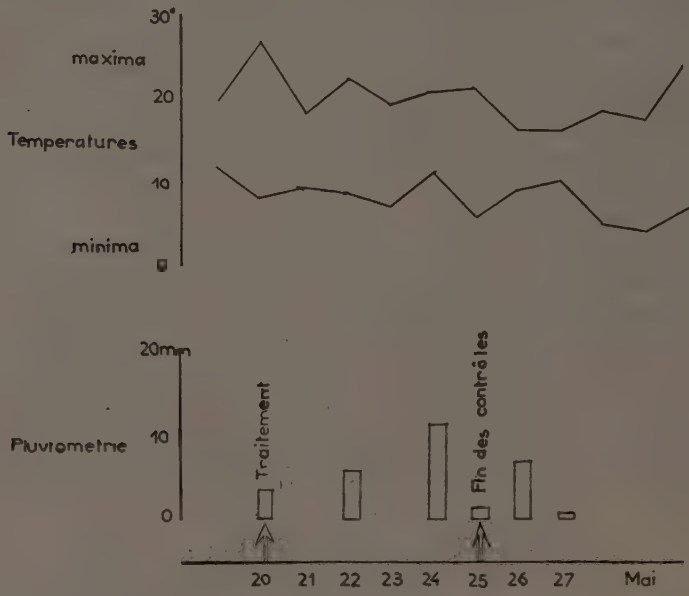


FIG. 1. — Conditions climatiques au cours des essais de 1950 sur Cheimatobie.

Chaque produit a été essayé sur un arbre, les différents arbres étant choisis de même variété et sensiblement de même force.

Les poudres ont été appliquées à la dose de 600 g par arbre, soit 60 kg par ha, la bouillie arsenicale et la préparation bactérienne à raison de 10 l par arbre (1 000 l ou 1 kg d'As par ha). Les traitements ont eu lieu le 21 mai, par temps calme et ensoleillé ; les conditions climatiques des jours suivants sont indiquées par la figure 1 ; elles étaient assez favorables à l'action des poudres.

Résultats obtenus. — L'action insecticide des produits a été évaluée par l'observation de la chute des chenilles et de leur taux de mortalité.

(1) Dans ce mémoire, le D. D. T. est désigné par le terme de « zeidane » conformément à la norme AFNOR U 43-200, add. 1.
(2) L'essai de cette préparation nous a été demandé par M. P. GRISON.

Peu de temps après le traitement, les chenilles intoxiquées se laissent tomber au sol. Pour les recueillir, on dispose sous chaque pommier traité un tapis de papier goudronné dépassant suffisamment la surface de projection du feuillage.

Toutes les 24 heures, pendant 4 jours (5 jours pour les traitements liquides), on ramasse et on compte les chenilles tombées, en notant séparément les mortes et les vivantes. Après le dernier ramassage, on procède à un gaulage énergique de l'arbre, qui permet de recueillir la plus grande partie des chenilles, mortes ou vivantes, restées sur l'arbre. On a remarqué que, sur le pommier traité à l'arseniate de plomb, de nombreuses chenilles mortes étaient restées accrochées au feuillage. Ceci ne se produit pas après les poudrages au zeidane ou à l'H. C. H. ; dans ce cas, les chenilles intoxiquées abandonnent rapidement le feuillage et se laissent tomber au sol. Le mode d'action de ces deux groupes d'insecticides apparaît ainsi différent.

Les chenilles tombées, d'elles-mêmes ou après gaulage, sont, les unes mortes, les autres vivantes. Pour évaluer avec quelque exactitude les mortalités, il est nécessaire de connaître, parmi les chenilles encore vivantes, la proportion de celles qui sont destinées à mourir rapidement. Pour cela, on les recueille et on les nourrit avec du feuillage sain : on note leur mortalité au bout de 4 jours.

Finalement, la mortalité totale M est donnée par l'application de la formule :

$$M = \frac{\text{Chenilles mortes} + \text{chenilles vivantes} \times (\text{mortalité dans l'élevage})}{\text{Total des chenilles tombées et gaulées.}}$$

Le tableau I résume les résultats obtenus.

TABLEAU I

Mortalités résultant des essais toxicologiques sur Cheimatobie

Produit	Mortalité parmi les chenilles tombées	Mortalité intervenant chez les chenilles tombées vivantes	Mortalité définitive
Zeidane à 5 p. 100	72 p. 100	40 p. 100	83 p. 100
Zeidane à 8 p. 100	87 —	66 —	95,75 —
Zeidane à 12 p. 100	65 —	86 —	88 —
H. C. H. à 10 p. 100	19 —	17 —	33 —
Arséniate de plomb	92 —	72 —	97,5 —
Préparation bactérienne	5 —	4 —	9 —

Les nombres relatifs au zeidane à 8 p. 100 sont tirés du chapitre III. L'anomalie qui montre la poudre à 8 p. 100 de zeidane plus efficace que la poudre à 12 p. 100 peut s'expliquer par la différence des techniques d'essai et par l'emploi sur une échelle beaucoup plus grande de la poudre à 8 p. 100.

Ce qu'il faut retenir de ces essais toxicologiques, c'est que les poudres au zeidane sont actives contre les chenilles de Cheimatobie, une poudre à 5 p. 100 devant sans doute donner, en traitement terrestre, d'aussi bons résultats que la poudre à 8 p. 100, aux doses que nous avons utilisées, — que l'H. C. H. est beaucoup moins actif, — enfin que les pulvérisations arsenicales restent le moyen de lutte idéal contre la Cheimatobie, lorsqu'on peut les pratiquer.

II. — TOXICOLOGIE DE L'HYPONOMEUTE

(avec la collaboration de F. CHARMET)

PARTICULARITÉS DE L'ÉVOLUTION DE L'INSECTE

Hyponomeuta padella hiverne à l'état de chenilles du premier âge écloses quelques jours après la ponte, au cours de l'été ; ces chenilles passent tout l'hiver sur l'écorce des arbres, protégées par une coque, l'ensemble constituant une « fausse ponte ». Au printemps, elles quittent leur coque et pénètrent à l'intérieur de feuilles jeunes : c'est le stade « mineur ». Après une quinzaine de jours elles sortent des feuilles, circulent sur le feuillage, puis forment des « nids » en réunissant plusieurs feuilles au moyen de toiles. A mesure qu'elles dévorent les feuilles au centre du nid, elles en rassemblent d'autres à l'extérieur.

Un traitement pouvait être envisagé à l'une des trois époques suivantes :

au cours du stade mineur,

immédiatement après ce stade et avant la formation des nids,

lorsque les nids sont formés.

GÉNÉRALITÉS SUR LES ESSAIS

Détermination des dates de traitement. — Pour suivre l'évolution dans la nature, nous avons examiné périodiquement plusieurs pommiers, sur lesquels nous avions constaté des dégâts l'année précédente.

Une vingtaine d'arbres de variété indéterminée ont été choisis. Sur chacun d'eux et à intervalles réguliers (8 jours au plus) on a prélevé 3 ou 4 rameaux répartis sur l'ensemble de l'arbre, du premier mai à fin juin. C'est ainsi que nous avons pu fixer les traitements aux dates suivantes :

le 12 mai pour le traitement pendant le stade mineur,

les 25 et 27 mai pour atteindre les jeunes chenilles dès leur sortie des feuilles,

le 5 juin pour traiter les chenilles rassemblées à l'intérieur des nids

Les graphiques (fig. 2 et 3) indiquent quelles ont été les conditions climatiques et le développement de l'Hyponomeute à Attigny du 1er mai (premières sorties des jeunes chenilles de leurs fausses pontes) au 20 juin (début de la nymphose dans les nids). On voit que la sortie d'hibernation

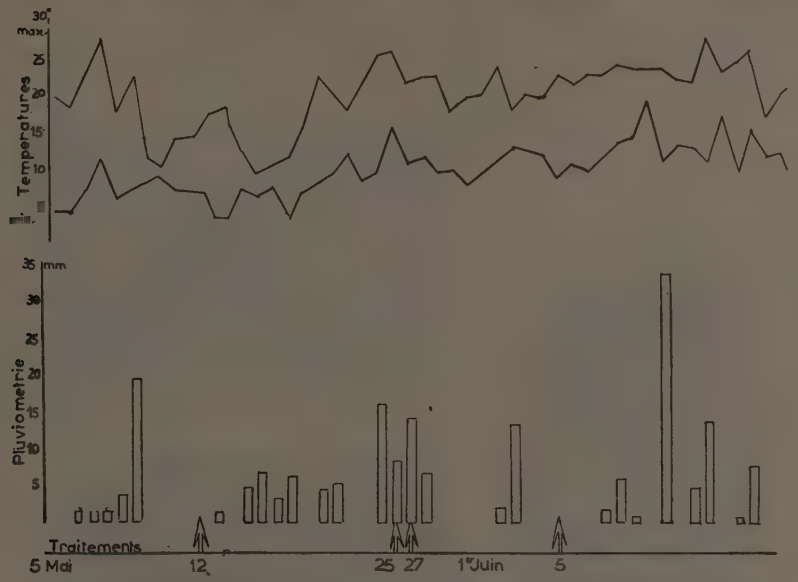


FIG. 2. — Conditions climatiques au cours des essais de 1951 sur Hyponomeute.

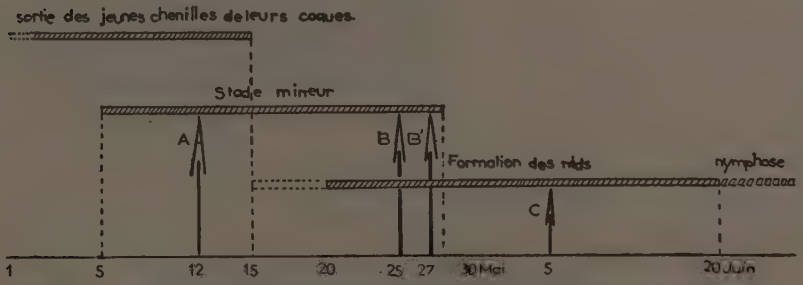


FIG. 3. — Développement de l'Hyponomeute à Attigny en 1951. Dates des traitements : en A, B et C. (En B', l'essai n'a pu être retenu.)

s'est faite en une quinzaine de jours, que le stade mineur a duré 3 semaines et qu'il s'est écoulé un mois entre la date à laquelle les premières chenilles ont quitté l'intérieur des feuilles et celle où on a noté les premières chrysalides.

Produits et appareil de traitement. — Nous avons essayé des poudres

à base de zeidane et d'H. C. H., ainsi qu'une bouillie arsenicale servant d'étalon, à savoir :

poudre à 5 p. 100 de zeidane,
poudre à 10 p. 100 de zeidane,
poudre à 8 p. 100 d'H. C. H.,
poudre à 10 p. 100 d'H. C. H.,
arséniate de plomb pour bouillie titrant 21 p. 100 d'As, employé à la concentration de 100 g d'As par hl.

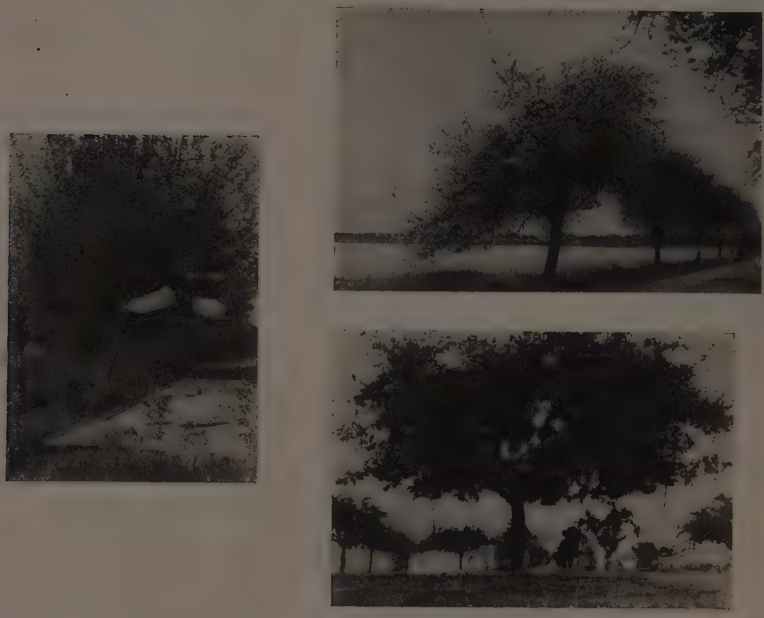


FIG. 4. — Spécimens des trois types d'arbres considérés au cours des expériences.

Les poudres ont été épandues au moyen d'une poudreuse à dos électrique de marque « Bourrasque » et la bouillie arsenicale au moyen d'un pulvérisateur à dos type « Pulvorex ». Ces appareils, de fonctionnement simple, conviennent particulièrement pour le traitement de faibles volumes de feuillage. Ils permettent en outre une évacuation complète des poudres ou bouillies contenues dans leur réservoir, ce qui facilite le contrôle des quantités utilisées.

Les poudrages se sont faits par temps calme (vent faible ou nul) et la portion de feuillage à traiter a été attaquée par le jet de poudre d'un seul côté.

Choix des arbres à traiter. — Nous avons choisi les arbres d'après le degré de l'infestation naturelle qu'ils présentaient. Dans quelques

cas, nous avons complété celle-ci par un apport de chenilles provenant d'arbres voisins.

D'autre part, nous nous sommes efforcés d'opérer sur des pommiers de développement comparable. Nous les avons classés en 3 types (fig. 4), dont le tableau suivant indique les principaux caractères.

TABLEAU II

Classement des pommiers en trois types

Caractéres	Type I	Type II	Type III
Hauteur totale	4 à 5 m	6 à 7 m	8 à 10 m
Circonférence de tronc (à 1 m du sol)	0,5 à 0,6 m	0,8 à 1 m	plus de 1,25 m
Surface de projection du feuillage sur le sol	10 à 20 m²	25 à 50 m²	plus de 60 m²
Surface foliaire approximative	30 à 60 m²	100 à 200 m²	plus de 200 m²

Des essais préliminaires ont montré que les quantités de poudre à épandre par arbre étaient de :

50 g pour les arbres du type I,
300 g pour les arbres du type II,
1000 g pour les arbres du type III.

Techniques utilisées. — Afin d'obtenir des données toxicologiques quelque peu précises, il était nécessaire de connaître :

d'une part les quantités de poudre déposées sur le feuillage,

d'autre part, la mortalité des chenilles.

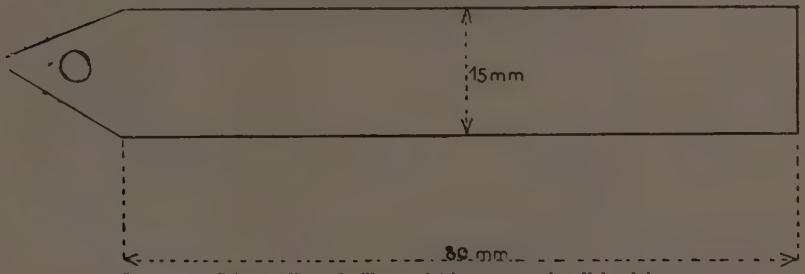


FIG. 5. — Schéma d'une feuille synthétique en papier d'aluminium. La surface de chaque feuille est de 12 cm².

RECUEIL DE LA POUDRE DÉPOSÉE. — Nous avons utilisé pour la première fois un dispositif constitué par du papier d'aluminium enduit d'huile de paraffine sur ses deux faces. On en forme un feuillage artificiel de la façon suivante : une baguette de bois de 75 cm de longueur porte 17 feuilles d'aluminium de 8 × 1,5 cm, soit 12 cm², surface moyenne d'une feuille de pommier (fig. 5). Chaque rameau représente ainsi environ 200 cm² de feuillage artificiel (fig. 6).

Dans chaque arbre traité, on place 3 rameaux qui sont analysés individuellement : ceci donne 3 répétitions de chaque détermination.

Pour la bouillie arsenicale, le dispositif est le même dans son ensemble mais le papier d'aluminium est remplacé par du papier filtre en cellulose pure.

FIG. 6. — Préparation des rameaux synthétiques. Les 17 feuilles d'un rameau font environ 200 cm².

DOSAGE DES MATIÈRES ACTIVES. — Aussitôt le poudrage, les feuilles d'aluminium de chaque rameau artificiel sont placées dans un tube à essai. Au laboratoire, on les lave dans le tube au moyen d'un solvant approprié. Après évaporation de celui-ci, on détermine le chlore total par la méthode de STEPANOW (11) : transformation du chlore organique en chlorure, au moyen du sodium en milieu d'alcool butylique. Le chlore est ensuite dosé selon la méthode CHARPENTIER-VOLHARD.

Les feuilles de papier filtre portant de l'arsenic sont analysées, après minéralisation, par une méthode de type CRIBIER (4).

DÉTERMINATION DES MORTALITÉS. — Sur chaque pommier, on choisit 3 branches portant un nombre suffisant de chenilles, à un stade de développement convenable. Chaque branche est garnie d'une monture de fil de fer. Aussitôt le traitement, on l'entoure de mousseline ou de toile de verre (fig. 7).

Pour chaque essai, trois rameaux semblablement garnis, mais non traités, servent de témoins.

Les mortalités ont été relevées au bout de 6 jours, les efficacités

FIG. 7. — Aménagement d'un arbre pour détermination de la mortalité des chenilles. Cet arbre est un de ceux qui ont servi à l'essai à la fin du stade mineur.

étant calculées d'après la formule d'ABBOTT, pour tenir compte de la mortalité des témoins. Des relevés plus tardifs sont faits, lorsqu'on veut évaluer la persistance des produits.

DÉTAIL DES ESSAIS ET RÉSULTATS

1. — Essai sur le stade mineur :

Arbres des types II et III.

Stade phénologique F_2 à G (notation FLECKINGER).

Poudres utilisées : zeidane à 10 p. 100, H. C. H. à 10 p. 100, arséniate de plomb.

Doses appliquées : 500 g de poudre, 15 l de bouillie.

Les chenilles étant à l'intérieur des feuilles, il était inutile d'envelopper les rameaux d'une cage de mousseline. Les rameaux traités ont été coupés et laissés en plein air, leur base trempant dans l'eau.

Les mortalités obtenues sont indiquées au tableau III, avec les quantités de matière active retrouvées à l'analyse sur le feuillage (moyenne de 3 rameaux artificiels).

Les conditions atmosphériques étaient les suivantes :

Moyenne des maximums de température : 13°2 ;

Moyenne des minimums de température : 5°1 ;

Somme des précipitations : 21 mm.

TABLEAU III

Essai au stade mineur

Traitement le 12 mai.
Observation des mortalités le 18 mai.
Les nombres indiqués représentent les moyennes des résultats obtenus sur 3 rameaux.

Produits :	Matière active par cm² de feuillage :	Pourcentage de chenilles mortes	Observations
Zeidane à 10 p. 100...	16,8 γ de zeidane	0 p. 100	11 chenilles vivantes hors des mines, 46 chenilles vivantes hors des mines.
H.C.H. à 10 p. 100 ...	10,0 γ d'H.C.H.	0 p. 100	
Bouillie arsenicale	9,6 γ d'As	6 p. 100	
Témoin	—	0 p. 100	

Pour les rameaux traités à l'arséniate de plomb, les observations ont été poursuivies jusqu'au 26 mai, date à laquelle toutes les chenilles mineuses avaient quitté les feuilles. Du 18 au 26 mai, on a compté au total 200 chenilles, dont 75 p. 100 étaient mortes.

Le traitement fait sur le stade mineur est sans intérêt ; la bouillie arsenicale seule tue une forte proportion de chenilles, lorsqu'elles sortent des mines.

2. — **Essai à la fin du stade mineur** :

Arbres des types I à III.

Stade phénologique : H (notation FLECKINGER).

Poudres utilisées : zeidane à 10 p. 100, H. C. H. à 10 p. 100, arséniate de plomb.

Doses appliquées : 250 g de poudre, 7,5 l de bouillie.

Technique d'essai normale. Nombre de chenilles par rameau : 80 à 100.

Au moment du traitement, les jeunes chenilles sont sorties des mines et restent groupées sur les feuilles ; elles s'alimentent normalement, mais n'ont pas encore confectionné de nids.

Les résultats sont donnés par le tableau IV.

TABLEAU IV

Essai à la fin du stade mineur

Traitement le 25 mai.
Observations des chenilles les 1er et 2 juin.
Les nombres indiqués représentent les moyennes des résultats obtenus sur 3 rameaux.

Produits :	Matière active par cm² de feuillage ;	Pourcentage de chenilles mortes	Observations :
Zeidane à 10 p. 100...	14,2 γ de zeidane	98 p. 100	
H.C.H. à 10 p. 100 ...	10,7 γ d'H.C.H.	70 p. 100	
Bouillie arsenicale	5,7 γ d'As	78 p. 100	Taille moyenne des chenilles survivantes : 4,5 mm.
Témoin.....	—	0 p. 100	Taille moyenne des chenilles ; 7 mm.

Les conditions atmosphériques étaient les suivantes :

Moyenne des maximums de température : 20°1 ;

Moyenne des minimums de température : 10°1 ;

Somme des précipitations (les 25, 26 et 27 mai) : 28 mm.

Le poudrage au zeidane s'est montré très efficace à ce stade de développement, et nettement supérieur au poudrage à l'H. C. H. Il est vrai que le dépôt de matière active était plus élevé. Ceci concorde cependant avec d'autres résultats qui indiquent que l'H. C. H. est inférieur au zeidane sur les chenilles âgées de papillons, à quantités égales de matière active (5).

Les résultats donnés par l'arséniate de plomb confirment d'anciennes observations de TROUVELOT et RAUCOURT, qu'on peut résumer ainsi (14) : un dépôt de 1 γ d'As par cm² de feuilles suffit à assurer pratiquement la protection des arbres contre les Hyponomeutes en empêchant la croissance des larves ; à partir de 2 γ par cm² les larves finissent par mourir sans se transformer ; mais la mort est souvent retardée de 15 à 25 jours ; les doses d'arsenic de 3 γ ou plus, empêchent la consommation des feuilles. A de plus fortes doses, les chenilles commencent à mourir dès le 4e jour, mais certaines résistent aussi longtemps que sur les feuilles faiblement traitées.

Un autre essai a été effectué à la fin du stade mineur sur des pommiers de deux ans contaminés artificiellement. Les mortalités ont été beaucoup plus faibles, mais les quantités de matière active déposées étaient également fort inférieures à la normale, par suite de conditions atmosphériques défavorables au cours du traitement. Il ne semble donc pas qu'il y ait lieu de tenir compte de cet essai.

3. — **Essai au stade des nids :**

Arbres des types I et II.

Doses appliquées : 200 g de poudre, 4 l de bouillie.

Produits utilisés : zeidane à 5 p. 100, zeidane à 10 p. 100, H. C. H. à 8 p. 100, H. C. H. à 10 p. 100, bouillie arsenicale.

Stade phénologique : I (notation FLECKINGER).

Technique d'essai normale.

La présence des nids qui protègent les chenilles a rendu les mortalités assez irrégulières. Les nombres moyens de mortalité, intéressant d'une part les poudres au zeidane et d'autre part les poudres à l'H. C. H., sont probablement plus valables que les résultats de chaque traitement pris isolément. En voici les valeurs :

Les conditions climatiques étaient les suivantes au cours de cet essai :

Moyenne des maximums de température : 21°6 ;

TABLEAU V

Essai au stade des nids

Traitement le 5 juin.
Observation des mortalités le 10 juin.
Les nombres indiqués représentent la moyenne des résultats obtenus sur 3 ou 4 rameaux.

Produits :	Matière active par cm² de feuillage :	Pourcentages de chenilles mortes :
Poudres au zeidane :	16,2 γ de zeidane	81 p. 100
Poudres à l'H. C. H. :	23,2 γ d'H. C. H.	68 —
Bouillie arsenicale :	4,2 γ d'As	100 —
Témoin :		0 —

Moyenne des minimums de température : 11°4 ;

Somme des précipitations (le 8 juin) : 1,4 mm.

Le 3e essai montre qu'au stade des nids, les chenilles d'Hyponomeutes sont plus difficiles à détruire par les insecticides chlorés que dans la période précédente. Du moins, il faudrait employer plus de matière active. La bouillie arsenicale conserve sa valeur.

CONCLUSIONS

On peut tirer de ces essais toxicologiques quelques conclusions.

1° Bien que les pulvérisations à l'arséniate de plomb ne présentent, comme nous l'avons indiqué, aucun intérêt dans le cas qui nous intéresse, il faut reconnaître que ce sont les traitements les plus avantageux contre les chenilles d'Hyponomeutes : elles assurent la protection du feuillage avec des dépôts d'As faibles, 5 γ par cm². En raison de leur persistance, leur période d'application est beaucoup plus large ; elle va du stade mineur jusqu'au moment où les nids sont bien formés.

2° Les poudrages au zeidane et à l'H. C. H., par contre, ne peuvent

atteindre suffisamment les chenilles qu'entre la fin du stade mineur et la constitution des nids.

3° Aux taux d'utilisation de 10 à 15 γ par cm² de feuillage, le zeidane est plus efficace que l'H. C. H. On peut obtenir de tels dépôts au moyen de poudres à 5 p. 100 de matière active, épandues au moyen de poudreuses au sol.

4° Il y a lieu d'espérer que, dans la majorité des cas, la période optimum coïncidera suffisamment avec celle du traitement contre la Cheimatobie.

FIG. 8. — Vue aérienne du verger Saint-Arnoult. On remarquera l'irrégularité des dimensions des arbres.

III. — POUDRAGE CONTRE LA CHEIMATOBIE PAR APPAREIL TERRESTRE

L'essai a été fait à Saint-Arnoult (Calvados) dans un verger de 4 ha planté, à raison de 100 arbres environ par ha, de nombreuses variétés, parmi lesquelles dominaient « Joly », « Bedan », « Tardive Forestier ». Notre essai a porté sur une surface de 2 ha délimitée dans le verger. L'infestation en Cheimatobies avait été observée l'année précédente par la Station Centrale de Zoologie agricole, et au cours du printemps de 1950. La figure 8 donne l'aspect aérien du verger traité.

GÉNÉRALITÉS SUR LE TRAITEMENT

Appareil. — Le traitement a été effectué avec une poudreuse « Dorytox » (fig. 9), dont les principales caractéristiques sont :

Moteur monocylindre, à essence et refroidissement par air, 4 CV à 3 600 tours par minute ;

Trémie de 30 l, avec agitateur vertical et réglage du débit ;

Débit de 1 à 2 kg par minute ;

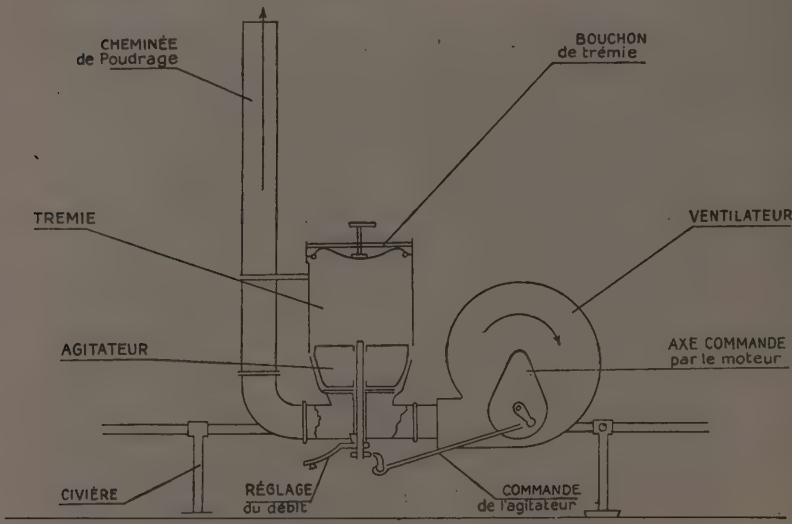


FIG. 9. — Schéma de la moto-poudreuse « Dorytox ».

Buse métallique orientale, réunie à la trémie par un tuyau en caoutchouc de 5,30 m, sur 0,10 m de diamètre ;

Chassis adaptable à un chariot avec roues pneumatiques.

La poudreuse était traînée par une Jeep (fig. 10).

Produit utilisé. — Poudre à 8 p. 100 de zeidane.

La dose d'emploi a été fixée de la façon suivante : Si l'on considère qu'il est nécessaire d'utiliser 20 litres de bouillie à 1 p. 100 d'un produit titrant 5 p. 100 de matière active pour un arbre de développement normal, ce qui correspond à 10 g de matière active, on a admis qu'il fallait prévoir 40 g de matière active pour le même arbre dans le cas du poudrage. Sur ces bases, on obtient une consommation de 500 g par arbre d'une poudre commerciale à 8 p. 100. On a donc fixé à 50 kg à l'ha la consommation de poudre.

Choix de la date du traitement : Le choix de la période la plus favo-

rable au traitement a nécessité le contrôle de l'évolution des chenilles. La méthode suivie a été décrite ailleurs par J. ARNOUX (2).

On aurait pu souhaiter exécuter le traitement avant que les che-

FIG. 10. — Poudreuse fixée derrière la Jeep.

nilles aient occasionné des dégâts sensibles aux vergers. Il aurait fallu pour cela traiter à un moment où on aurait épargné une fraction importante de chenilles à éclosion tardive, et pour les atteindre on aurait dû faire un second traitement. Il ne pouvait être question d'opérer ainsi dans un verger de pommiers à cidre, où il faut chercher à réduire les frais

FIG. 11. — Poudrage d'un arbre du type I.

d'exploitation au minimum. On a donc exécuté un traitement que l'on a placé entre la fin des éclosions et le début de la nymphose. A cette période, les dégâts dans le verger s'étaient déjà produits, mais le but poursuivi était de réduire la population de Cheimatobie dans les années à venir.

Le traitement a été exécuté le 20 mai.

Réalisation du traitement. — La poudreuse était servie par 3 hommes : un conducteur de la Jeep, un régleur de débit et un opérateur de traitement. Le poudrage avait lieu d'un seul côté, la couronne des arbres paraissant suffisamment enveloppée de poudre (fig. 11). L'appareil faisait des aller et retour du S.-O. au N.-E. et *vice versa*.

Au niveau de chaque arbre, le conducteur marquait un temps d'arrêt plus ou moins long, le régleur de débit poussait le moteur à son régime maximum et ouvrait la trémie d'une quantité convenable ; l'opérateur balayait la ramure avec le jet de poudre. Les points d'attaque de chaque arbre par le jet de poudre étaient toujours situés en position analogue.

Conditions atmosphériques (voir la fig. 1) : Ciel couvert, de 5/10 au début, à 2/10 à la fin. Vent du S.-S.-E., de 0 à 3 m/sec, puis de 1 à 2 m/sec. Trois heures après le traitement, il y a eu une pluie fine de 3,5 mm. Dans la semaine suivante, précipitations de 30 mm au total. Moyenne des maximums de température : 20° ; moyenne des minimums : 8°.

On a consommé, en 2 heures, 110 kg de poudre, pour traiter 208 arbres sur 2 ha. Voici le détail de la marche du travail, la poudreuse étant chargée chaque fois de 20 kg (10 kg la dernière fois).

TABLEAU VI

Consommation de poudre en fonction du temps et des types d'arbres traités

Consommation de poudre	Durée de consommation (en minutes)	Nombre d'arbres traités				Observations sur le débit de la poudreuse	Moyenne du débit par arbre
		Type 1	Type 2	Type 3	Total		
20 kg	10	2	5	9	16	Débit maxim.	1,250 kg
20 —	15	18	25	12	55	Débit réduit	0,360 —
20 —	15	6	28	11	45	—	0,440 —
20 —	10	3	18	14	35	—	0,570 —
20 —	15	10	14	16	40	—	0,500 —
10 —	5	5	8	4	17	—	0,580 —

Rappelons que les consommations par arbre étaient prévues aux taux suivants, comme pour le travail du chapitre II :

Arbre du type I : 50 g de poudre,
Arbre du type II : 300 g de poudre,
Arbre du type III : 1 000 g de poudre,
Moyenne par arbre : 500 g de poudre.

ÉTUDE DE LA RÉPARTITION DE LA POUDRE

L'un de nous a indiqué que l'efficacité d'un traitement insecticide dépend de la quantité de matière active déposée sur l'insecte et le végétal dont il se nourrit (16).

Afin de rapporter les mortalités observées aux quantités de poudre réellement déposées, nous avons effectué un certain nombre de déterminations de dépôts en divers points des arbres et sur différents pommiers.

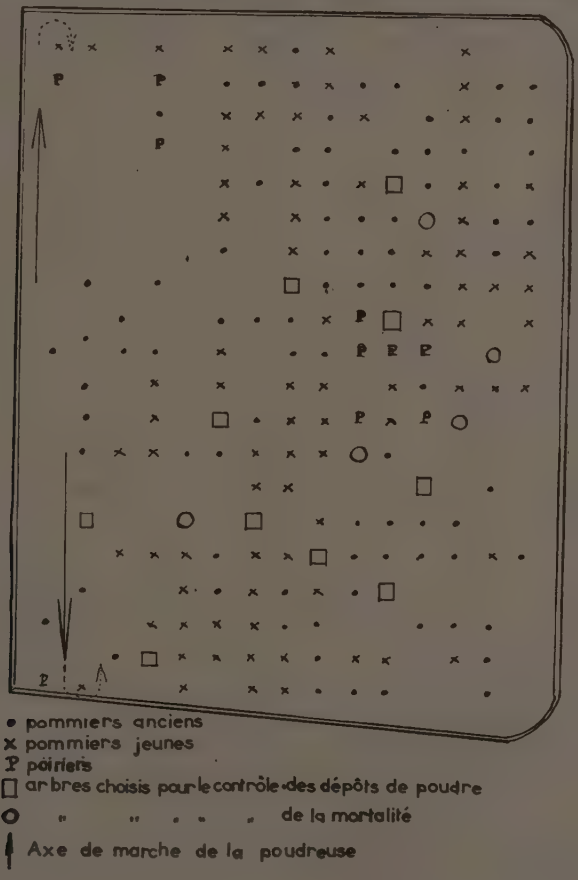


FIG. 12. — Plan de la partie du verger traitée à Saint-Arnoult.

Méthodes de prélèvement de la poudre. — Sur les arbres : On fixe sur des perches, à différentes hauteurs, des coupelles dites « verres de montre » de 100 cm² de surface. La face concave de ces verres est enduite d'une légère couche d'huile de paraffine qui a pour rôle d'éviter les pertes

de poudre au cours des manipulations de ramassage. Les verres sont disposés par groupes de deux. Chaque groupe constitue un poste de prélèvement ; la face concave est en général dirigée vers le haut.

Dans un seul cas, nous avons disposé à la même hauteur un groupe de verres de montre face vers le haut et un groupe face vers le bas.

Les prélèvements ont été effectués sur 9 arbres de différentes tailles (voir le plan du verger, fig. 12). Dans le cas d'un arbre de développement normal, nous avons placé quatre perches à la périphérie, aux extrémités de deux diamètres rectangulaires, et une perche centrale. Les perches périphériques comprennent deux groupes de verres de montre, l'un à la base de la ramure, l'autre au sommet ; la perche centrale comprenait

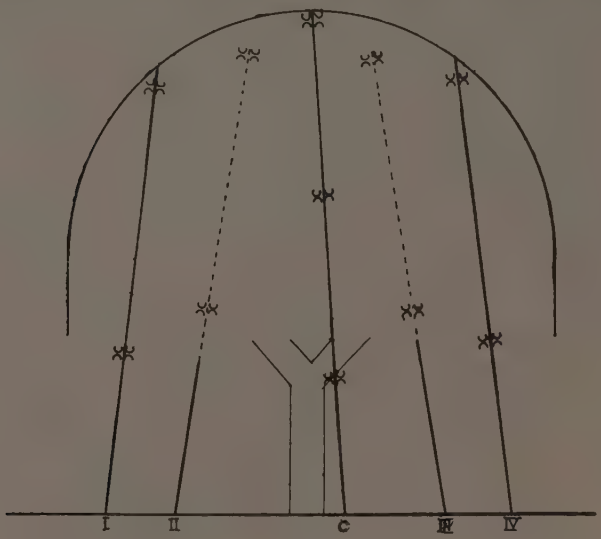


Fig. 13. — Disposition schématique des coupelles dans un pommier.

3 groupes, un à la base, un au milieu, un au sommet. Soit en tout 11 groupes de deux coupelles (fig. 13).

Sur l'herbe : Prélèvements de poudre par des plaques de verre huilées, disposées tous les 50 cm d'un arbre à un autre, suivant une ligne d'arbres.

Analyse. — Les faces des plaques de verre et des coupelles ayant reçu la poudre sont lavées à l'éther, et les liquides sont recueillis dans des tubes à essai. On évapore le solvant et on dose le chlore total d'après la méthode de Stepanow (11).

Résultats obtenus sur les arbres. — Il ne semble pas y avoir de différences systématiques dans l'importance des dépôts suivant le développement des arbres ; les dépôts, dans les différentes parties d'un arbre,

varient de 1 à 5, avec cette réserve que la partie de l'arbre qui a reçu directement le jet de poudre est encore plus fortement traitée.

DÉPÔTS DANS LES DIVERSES PARTIES DE L'ARBRE. — Les points de prélèvements situés sur le pourtour des arbres, à une hauteur au-dessus du sol variant de 4 à 8 m, donnent un dépôt moyen de 6,5 γ de zeidane par cm² (moyenne de 32 prélèvements).

Les points de prélèvements situés sur le pourtour des arbres à une hauteur au-dessus de sol variant de 2,5 m à 4 m donnent un dépôt moyen de 18,1 γ de zeidane (moyenne de 32 prélèvements).

Les prélèvements faits dans l'axe de l'arbre, en haut, au milieu et en bas, donnent les moyennes suivantes pour les 9 arbres :

haut de l'arbre, de 6 à 8 m : 5,1 γ de zeidane par cm²,

milieu de l'arbre : 9,3 γ de zeidane par cm²,

bas de l'arbre : 13,7 γ de zeidane par cm²,

moyenne des dépôts de l'axe des arbres : 9,9 γ de zeidane par cm².

La moyenne générale des dépôts sur le feuillage de 9 arbres (90 prélèvements) s'établit par cm², à 145 γ de poudre, soit 11, 6 γ de zeidane. Ce nombre sera admis comme représentant l'intensité moyenne du traitement pour l'ensemble du verger.

DIFFÉRENCE ENTRE LA FACE SUPÉRIEURE ET LA FACE INFÉRIEURE DES FEUILLES. — Dix couples de prélèvements ont été utilisés pour évaluer comparativement, en un même point, les dépôts sur les deux faces des feuilles. Les nombres moyens sont :

face supérieure (10 prélèvements) : 7,4 γ de zeidane par cm²,

face inférieure (10 prélèvements) : 3,7 γ de zeidane par cm².

Mais l'un des couples de prélèvements a donné des nombres très supérieurs à la moyenne :

face supérieure : 29,5 γ de zeidane par cm²,

face inférieure : 36,7 γ de zeidane par cm².

Si l'on ne tient pas compte de ces résultats obtenus en un point où le feuillage a visiblement été atteint de plein jet, par la poudre dirigée de bas en haut, les nombres moyens trouvés sont les suivants :

face supérieure (9 prélèvements) : 5,7 γ de zeidane par cm²,

face inférieure (9 prélèvements) : 0,5 γ de zeidane par cm².

Les rapports $\frac{\text{face supérieure}}{\text{face inférieure}}$ ont les valeurs suivantes :

rapport le plus élevé : 70,

rapport le plus faible : 3,3,

rapport moyen : 11,2.

Si l'on classe les dépôts d'après leur valeur absolue, on constate que les 4/5 de la surface foliaire ont reçu une quantité de zeidane supérieure à 5 γ par cm², dépôt probablement suffisant pour assurer une bonne efficacité.

Dépôts de poudre sur le sol. — Le tableau VII donne les résultats obtenus dans 11 prélèvements de plus en plus éloignés du tronc d'un arbre :

TABLEAU VII

Dépôts de poudre au sol

Distance au tronc de l'arbre	En poudre	Dépôts par cm² en zeidane
0 m	142 γ	11,4 γ
0,5	196	15,7
1	149	11,9
1,5	139	11,1
2	228	18,2
2,5	232	18,5
3	31	2,5
3,5	84	6,7
4	17	1,4
4,5	53	4,2
5	114	9,1
Moyenne	126	10,1

RENDEMENT DU TRAITEMENT

C'est la proportion du produit utilisé qu'on retrouve sur la surface traitée. La proportion retrouvée sur le feuillage constitue le rendement réel, le total du dépôt sur le feuillage et du dépôt sur le sol permet de calculer le rendement apparent.

Pour effectuer ces calculs, il est nécessaire de connaître la surface totale du feuillage des pommiers dans un hectare de verger.

FIG. 14. — Pommier du type I utilisé pour la mesure de la surface foliaire, avant et après effeuillage.

Mesure de la surface foliaire. — Ayant défini trois types de pommiers suivant leurs dimensions, nous avons évalué la surface foliaire de deux arbres, un du type I, l'autre du type II. Pour cela, après effeuillage complet, nous avons pesé les feuilles de chaque arbre et avons mesuré directement, par planimétrie, la surface de plusieurs quantités aliquotes de feuilles (fig. 14). Notons en passant qu'un pommier de dimensions moyennes, type II, porte plus de 100 000 feuilles et qu'il faut 18 heures de travail pour les recueillir. Voici les nombres obtenus sur ces deux arbres :

TABLEAU VIII

Mesures faites sur deux pommiers, à Versailles (type I) et dans l'Eure (type II)

Caractères	Pommier de Versailles	Pommier de Normandie
Hauteur totale (1)	5,75 m	6,5 m
Circonférence du tronc, à 1 m du sol	0,42 m	0,90 m
Surface de projection du feuillage sur le sol	14 m²	54 m²
Poids total des feuilles	9,3 kg	44,4 kg
Poids de 1 cm² de feuille fraîche	15 mg	17 à 18 mg
Nombre approximatif de feuilles	41 000	100 000
Surface foliaire de l'arbre	62 m²	175 m²
Rapport $\frac{\text{Surface foliaire}}{\text{Surface de projection}}$	4,4	3,2

(1) La hauteur du tronc sous les branches est de 1,80 m.

Ces mesures ont été faites au début d'octobre.

Le rapport entre la surface foliaire et la surface de projection sur le sol semble assez variable. Faute d'une étude biométrique complète de la question, nous avons adopté un rapport de 4 entre ces deux surfaces. Cette convention nous permet d'obtenir les nombres suivants pour un hectare de notre verger d'essai.

TABLEAU IX

Calcul de la surface foliaire par ha

	Arbre du type I :	Arbre du type II :	Arbre du type III :
Surface de projection :	15 m²	50 m²	80 m²
Surface foliaire de l'arbre :	60 m²	200 m²	320 m²
Nombre d'arbres par ha :	22	49 m²	33
Surface foliaire pour tous les arbres du type	1 320 m²	9 800 m²	10 560 m²
Surface foliaire totale par ha :	21 680 m²		

Rendement réel. — En multipliant cette surface par le dépôt moyen de 11,6 γ de zeidane par cm², pour la face supérieure des feuilles et $\frac{11,6 \times 11,2}{100} = 1,3$ γ pour la face inférieure, nous obtenons le nombre de : 0,129 g par m² × 21 680 = 2,75 kg.

Le rendement réel serait donc, pour une dépense de 4,4 kg de zeidane à l'hectare, de 62 p. 100.

Rendement apparent. — Pour le calculer, aux quantités de poudre déposées sur le feuillage on ajoutera celles qu'on a retrouvées sur le sol. Elles s'élèvent à 10,1 γ de zeidane par cm², soit 1,01 kg par ha.

FIG. 15. — Aspect du verger plusieurs minutes après la fin du poudrage. Grâce à l'absence du vent, le nuage de poudre persiste sous les arbres.

Le dépôt total dans l'aire traitée est donc de 3,75 kg par ha, ce qui donne, pour le rendement apparent, la valeur de 85 p. 100.

Les nombres donnés par le rendement du poudrage sont très élevés ; cela est dû principalement à l'absence de vent au cours du traitement (fig. 15).

EFFICACITÉ IMMÉDIATE DU TRAITEMENT

Nous avons cherché à connaître l'efficacité du traitement, en déterminant la mortalité des chenilles les jours qui ont suivi le traitement. Nous avons opéré comme il est indiqué p. 367 en observant les chenilles qui tombent des arbres pendant 4 jours après le traitement et celles qu'on récupère ensuite par un gaulage des arbres. La chute des chenilles est en effet pratiquement terminée au bout de 4 jours (fig. 16).

Les notations de mortalité ont été faites sur 5 arbres. Nous indiquons dans le tableau X le nombre total de chenilles tombées ou gaulées, et la proportion de vivantes.

TABLEAU X

Chute et état des chenilles après le traitement
(totaux et moyennes sur 5 arbres)

Chenilles	Nombres totaux	Pourcentages de vivantes
Tombées au bout de :		P. 100
7 heures	702	0
1 jour	666	29
2 jours	1 294	12,5
3 jours	109	5,5
4 jours	145	8
Tombées au cours du gaulage	26	0
Total et moyenne	2 942	12,5

Les chenilles rescapées, mises en élevage par la suite ont accusé une mortalité de 66 p. 100. Si nous l'ajoutons aux 87,5 p. 100 de mortalité déjà observés, nous obtenons une mortalité totale de : 95,75 p. 100.

En d'autres termes, la population de chenilles de Cheimatobies entrées en diapause a été abaissée à moins de 1/20 de ce qu'elle aurait été sans traitement.

PERSISTANCE DU TRAITEMENT

Afin d'évaluer la durée pendant laquelle le feuillage traité restait toxique pour les chenilles, nous en avons prélevé à des intervalles variables après le traitement pour nourrir des chenilles saines placées en cage. Les nombres suivants ont été obtenus :

TABLEAU XI

Persistance du traitement

Feuillage prélevé après le traitement	Mortalité des chenilles intoxiquées	Mortalité des témoins
0 jour	78 p. 100	0 p. 100
4 jours	52 p. 100	6 p. 100
8 jours	8 p. 100	2 p. 100

Ceci montre que, si des chenilles tombées au sol et restées vivantes remontaient sur l'arbre, il en succomberait encore une grosse proportion.

IV. — POUDRAGE AÉRIEN CONTRE LES CHENILLES DÉFEUILLANTES

Les études précédentes ayant largement déblayé le terrain, il ne restait qu'à expérimenter le poudrage par avion, en examinant surtout

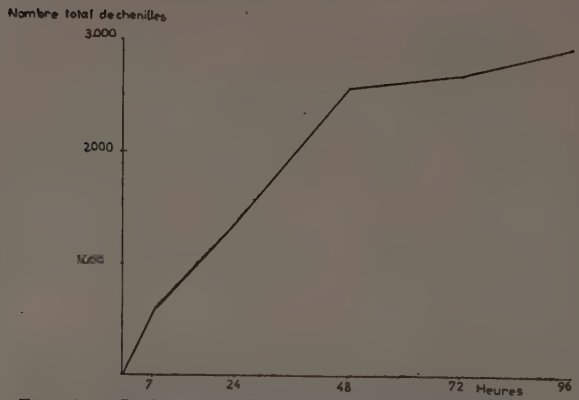


FIG. 16. — Rythme de la chute des chenilles de Cheimatobie, pendant les 4 jours qui ont suivi le traitement.

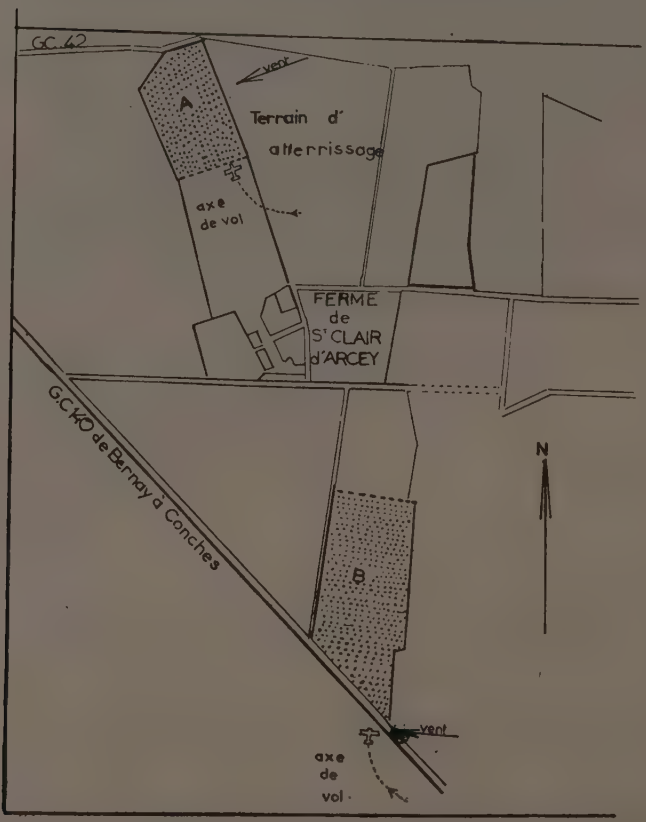


FIG. 17. — Plan des vergers traités par avion à Saint-Clair d'Arcey et Grandchain. Le verger A est situé sur Saint-Clair d'Arcey, le verger B sur Grandchain.

la répartition de la poudre, l'importance des dépôts, le rendement et l'efficacité du traitement.

Le détail de cet essai sera publié dans le cadre des expériences de traitement aérien (8) ; nous en donnerons ici un résumé.

Réalisation du traitement. — Deux zônes de traitement, de 2,5 et 6,5 ha respectivement, ont été délimitées dans deux vergers situés à Saint-Clair d'Arcey et à Grandchain (Eure) (fig. 17). La plantation était régulière, à raison de 100 arbres par hectare.

Ces deux vergers seront désignés, dans ce qui suit, par les lettres A et B.

La poudre, à 10 p. 100 de zeidane, a été épandue par un avion Piper-Cub de 90 CV piloté par M. de LAMETH. Le traitement a été effectué le 13 mars, à la suite d'observations sur l'évolution des chenilles : à cette date une grande partie des chenilles avait atteint le 4e ou le 5e âge.

Dans le traitement par poudreuse terrestre, on avait utilisé 55 kg par ha d'une poudre à 8 p. 100 de matière active et cette dose avait paru nettement trop forte. Pour le poudrage aérien, il avait été prévu un débit de 40 kg par ha de la poudre à 10 p. 100. Les quantités réellement épandues furent de 55 kg par hectare pour le verger A et de 58 kg pour le verger B.

Pendant le traitement, la vitesse du vent a oscillé entre 1 et 2 m par sec., avec des rafales atteignant 6 m. La température a présenté un minimum de 12° au moment du poudrage et un maximum de 23°. Températures du même ordre les jours suivants. Le lendemain du traitement, pluie de 20 mm.

Dépôts de poudre sur le feuillage. — Les techniques de prélèvement et de dosage sont celles qui ont été décrites au chapitre II, p. 372. Six arbres, de différents développements, ont été utilisés pour l'étude de la répartition des poudres et de l'importance des dépôts.

Il résulte des analyses effectuées qu'il n'y a pas de différences systématiques des dépôts entre les différentes parties d'un arbre : les variations paraissent soumises au hasard.

Par contre, les différences constatées d'un pommier à l'autre sont hautement significatives : elles sont en rapport avec les trajectoires de l'avion.

Sur les 6 arbres considérés, la moyenne des dépôts maximums est de 1,1 γ de zeidane par cm² ; la moyenne des dépôts minimums de 0,025 γ par cm².

Sur l'ensemble des 48 déterminations effectuées, on relève les chiffres suivants :

Dépôt maximum	1,66 γ de zeidane par cm²
Dépôt minimum	0,01 γ de zeidane par cm²
Dépôt moyen	0,52 γ de zeidane par cm²

Sur un pommier, les dispositifs de prélèvements ont été placés de manière qu'on puisse distinguer les dépôts à la face supérieure et à la face inférieure des feuilles. Les nombres suivants ont été obtenus :

Dépôts à la face supérieure de la feuille	de 1,2 à 2,4 γ de zédane par cm²
» inférieure »	de 0,9 à 1,2 γ »
Rapport $\frac{\text{Face supérieure}}{\text{Face inférieure}}$	de 0,42 à 1.
Rapport moyen	de 0,7.

Dans l'essai de poudrage par poudreuse terrestre, les dépôts étaient plus élevés, mais les rapports entre les dépôts supérieurs et les dépôts inférieurs étaient beaucoup plus élevés.

Dépôts de poudre sur le sol. — Toute la poudre non retenue par le feuillage et tombant au sol a été recueillie sur des feuilles de papier d'aluminium de 200 cm² : une série de 50 feuilles espacées de 1 m était disposée à distance égale de 2 lignes d'arbres ; une seconde série, de même importance, était placée dans l'axe d'une ligne d'arbres.

Les 100 dosages ont donné les résultats suivants :

	Entre deux lignes d'arbres	Sur une ligne d'arbres
Chiffre maximum	8,2 γ de zeidane par cm²	4,5 γ de zeidane par cm²
Chiffre minimum	0 »	0,14 »
moyenne	2,02 »	1,11 »
moyenne générale	1,56 γ par cm².	

Le dépôt est beaucoup plus faible que dans le cas du poudrage terrestre : 1,56 γ de zeidane par cm², au lieu de 10,1.

Rendement du traitement. — Nous avons calculé d'après un ensemble de résultats non publiés ici la quantité moyenne d'insecticide déposé sur le feuillage compte tenu des nombres obtenus dans l'évaluation des dépôts sur la face supérieure et la face inférieure des feuilles, soit 2,6 γ de zeidane par cm² (pour les deux faces).

Rendement Réel : La proportion de poudre fixée sur le feuillage s'établit comme suit :

Dépôt moyen de zeidane par cm² de feuillage (total des deux faces)	2,6 γ.
Surface foliaire d'un hectare 100 × 50 × 4 = ...	20 000 m²
Dépôt sur le feuillage d'un hectare	0,52 kg
Rendement réel (pour une dépense de 5,8 kg de zeidane à l'ha)	9,0 p. cent

Rendement apparent :

Au dépôt de zeidane sur le feuillage d'un hectare.....	0,52 kg
nous ajoutons le dépôt par hectare de sol.....	0,16 kg
soit au total.....	0,68 kg
Le rendement apparent est de.....	11,7 p. cent

Les rendements sont beaucoup plus faibles dans le traitement aérien que dans le poudrage terrestre, ce qui indique que, dans le premier cas, la quantité de poudre entraînée par l'atmosphère est plus grande.

Efficacité du traitement. — Elle n'a pu être déterminée utilement que par l'observation de la chute des chenilles intoxiquées (voir p. 367). Les notations ont porté sur 10 arbres pris au hasard dans le verger A et sur 7 arbres dans le verger B ; en outre, 3 arbres témoins ont été notés dans une zone non traitée. L'observation de l'état de vitalité des chenilles tombées naturellement au cours des 4 jours qui ont suivi le traitement ou jetées au sol par le gaulage du 5e jour a permis d'obtenir les moyennes suivantes pour les taux de mortalité :

	Verger A	Verger B
Total des chenilles tombées	1 808	19 752
Total des chenilles mortes	431	15 649
Taux de mortalité	23 p. 100	79 p. 100

A ces résultats bruts, il convient d'ajouter plusieurs observations importantes, qui peuvent en modifier l'interprétation.

Tout d'abord, il existe de grandes différences de mortalités d'un arbre à l'autre. Dans les 10 arbres du verger A, elles se répartissent comme suit :

De 0 à 5 p. 100 de mortalité	6 arbres
De 60 à 65 p. 100 de mortalité	2 —
De 90 à 100 p. 100 de mortalité	2 —

Dans les 7 arbres du verger B, on a les répartitions suivantes :

De 0 à 10 p. 100 de mortalité	2 arbres
De 80 à 90 p. 100 de mortalité	5 —

On peut donc dire qu'il y a eu des arbres bien traités et des arbres peu ou pas traités. Ceci est dû au fait que l'avion n'a pas cherché à suivre les lignes d'arbres, comme il aurait pu le faire, celles-ci étant distantes de 10 mètres. En outre, il est très probable que, pour le verger A, traité le premier, la hauteur du passage de l'avion au-dessus de la cime des arbres était trop élevée, la vitesse du vent étant elle-même assez considérable.

Une seconde observation est que, dans le verger B, où la mortalité moyenne a été acceptable, la grande majorité des chenilles tombées sous les arbres étaient encore vivantes, mais la plupart devaient mourir rapidement ou, du moins, étaient incapables de regagner le feuillage en grimpant le long du tronc des arbres. La situation était très différente à la suite du traitement par motopoudreuse, où près des neuf dixièmes des chenilles ramassées sous les arbres étaient mortes. On doit en conclure que l'efficacité du traitement aérien, nettement insuffisant dans le verger A, était juste à la limite acceptable pour le verger B.

Dans ces conditions, il n'a pas paru utile de faire des observations sur la persistance d'action du traitement, qui ne pouvait qu'être faible.

Comparaison entre les deux types de poudrage. — Le poudrage terrestre a utilisé à l'hectare 4,4 kg de zeidane, avec un rendement réel

de 62 p. 100. Le poudrage aérien a utilisé 5,5 et 5,8 kg de matière active, avec un rendement réel de 9 p. 100. Ces chiffres expliquent facilement les résultats obtenus, quant à la mortalité des chenilles.

Dans le traitement par motopoudreuse, avec un dépôt de matière active sur le feuillage de 2,75 kg par hectare, l'efficacité a été pratiquement maximum. Il a même semblé que ce résultat aurait pu être obtenu avec nettement moins de matière active. Dans le poudrage aérien, le dépôt de zeidane sur le feuillage a été inférieur à 1 kg par hectare, et l'action insecticide a été atteinte de justesse, à tel point que, dans un des vergers, des conditions de traitement un peu moins favorables ont suffi à rendre l'application insuffisamment efficace.

On peut en conclure qu'un traitement contre les chenilles de Cheimatobie obtiendrait le résultat cherché, avec une marge de sécurité suffisante, s'il déposait sur le feuillage de 1,5 à 2 kg de zeidane à l'hectare. Nos études sur la toxicologie de l'Hyponomeute laissent espérer qu'un tel traitement détruirait en même temps les chenilles de cet insecte. Ces chiffres sont valables pour des vergers de pommiers haute tige.

V. — CONSÉQUENCES DES TRAITEMENTS POUR L'HYGIÈNE

Le seul cas à considérer était celui de l'absorption par le bétail de l'herbe souillée de zeidane. On pouvait penser *a priori* que le danger était nul en ce qui concerne l'état sanitaire des bêtes, surtout si l'on songe que le traitement préconisé contre les chenilles défeuillantes doit être, en principe, unique dans l'année. Par contre, il y a lieu d'examiner la possibilité de passage du zeidane dans le lait des vaches. Il est notoire, en effet, que, chez les femelles en lactation, le lait est la principale source d'élimination du zeidane.

Le premier problème était de déterminer la quantité de zeidane déposée sur l'herbe par les traitements. Des prélèvements d'herbe et des analyses ont été effectués dans le cas du traitement aérien et nous connaissons d'autre part l'importance des dépôts de zeidane sur le sol des vergers traités.

Dans le traitement par motopoudreuse la quantité moyenne de zeidane déposé par m² d'herbage était de 100 mg (tableau VII). Au cours du poudrage aérien le dépôt moyen a été de 16 mg par m² et le maximum de 82 mg ; sur les 10 prélèvements d'herbe effectués les résultats suivants ont été obtenus, les dosages étant faits par la méthode de SCHECHTER (9).

Teneur maximum en zeidane	14,4 mg par kg
Teneur minimum en zeidane	8,0 mg par kg
Teneur moyenne	9,8 mg par kg

La densité moyenne de l'herbe était de 180 g par m². Si l'herbe avait

retenu toute la poudre tombée au sol, elle contiendrait $\frac{9,8 \times 1\,000}{180} = 54$ mg de zeidane par kg. Il y a donc plus de 80 p. 100 de la poudre qui s'est perdue dans le sol.

Considérons maintenant le cas d'un traitement plus intense et d'un herbage mieux fourni. Dans un exemple donné par RAUCOURT, TROUVELOT et CABANE (étude d'une pulvérisation arsenicale) (6,7), l'herbe pesait en moyenne 700 g au m² ; la presque totalité de la matière active tombée au sol était retenue par l'herbe. Si nous admettons cette rétention totale dans le cas de notre traitement par motopoudreuse, et si nous supposons une herbe pesant 1 kg par m² de sol, les 100 mg de zeidane déposés par m² se retrouveront dans 1 kg d'herbe.

Ce nombre paraît constituer un taux qu'il serait difficile de dépasser au cours d'un poudrage correct. Mais il faut tenir compte des possibilités d'un traitement excessif ou mal effectué ; aussi nous doublerons le nombre indiqué et baserons notre discussion sur le maximum extrême de 200 mg par kg d'herbe.

Un bovin consommant 50 kg d'herbe pourrait donc absorber en un jour 10 g de zeidane, dans un pré-verger récemment traité. La dose minimum léthale, pour les bovins, est inférieure à 0,5 g par kg d'animal, soit environ 250 g de zeidane par animal et par jour. Les accidents mortels ne paraissent donc pas à envisager. Le cas d'ingestions capables de provoquer des manifestations pathologiques est plus délicat à discuter (17).

WINGO et CHRISLER (18) ont pu faire absorber à des vaches du zeidane à la dose de 43 mg par kg d'animal pendant 25 jours, soit 20 g par animal et par jour. Les animaux n'ont pas présenté de signe d'intoxication aiguë, mais ont manifesté des troubles nerveux et montré une raideur des membres postérieurs. C'est donc une dose à ne pas atteindre. Pour éviter ces inconvénients, il convient de ne pas dépasser 20 mg par kg, soit 10 g de zeidane par jour. C'est le maximum que notre calcul nous a donné.

Des vaches laitières ont pu être nourries sans symptôme quelconque d'intoxication avec du foin contenant 0,02 g de zeidane par kg, soit une absorption quotidienne de 0,2 g de toxique (3).

Dans différentes expériences concernant l'ingestion de zeidane avec les aliments par des vaches laitières, on a constaté l'élimination de l'insecticide dans le lait. La quantité de zeidane peut atteindre 0,025 g par litre. L'élimination peut se continuer pendant 160 jours après la fin de l'absorption, quand l'alimentation a duré pendant assez longtemps. L'élimination devient faible (moins d'un mg par litre) quand les quantités ingérées sont faibles, environ 200 mg par jour (10).

Dans le traitement par poudrage terrestre, l'ingestion maximum de 10 g de toxique par jour, auquel le calcul nous a amenés, ne risque pas

de présenter des inconvénients graves pour les animaux si elle n'est pas répétée. Par contre l'élimination de 25 mg de zeidane par litre de lait qu'elle peut entraîner pourrait présenter des conséquences fâcheuses pour l'alimentation humaine. Ces considérations montrent bien que, malgré le caractère exceptionnel du danger d'intoxication que de tels traitements pourraient provoquer il faut cependant se garantir d'ingestions trop importantes de zeidane par les vaches laitières et pour cela, il convient d'écarter les animaux durant une semaine du verger traité.

RÉSUMÉ

Des essais de lutte chimique ont été entrepris contre les chenilles défeuillantes du Pommier à cidre (larves d'*Operophtera brumata* L. et d'*Hyponomeuta padella* L.), afin de déterminer la nature de l'insecticide à employer et ses conditions d'application. Des raisons économiques obligeaient à choisir *a priori* les traitements par poudrage.

Pour les deux espèces considérées, le zeidane s'est montré supérieur à l'H. C. H. L'arséniate de plomb serait préférable aux insecticides de synthèse, s'il était possible d'opérer par pulvérisation.

Les meilleures dates d'application se situent, dans le cas des chenilles de Cheimatobie, entre les dernières éclosions et le début de la nymphose, — dans le cas de l'Hyponomeute, entre la fin du stade mineur et le début de la formation des toiles. On peut penser que, la plupart des années, ces périodes coïncident suffisamment pour que les deux espèces soient combattues par une même application.

Un dépôt de zeidane d'au moins 5 γ par cm^2 de feuillage semble nécessaire pour assurer une mortalité suffisante des chenilles. Pour atteindre ce minimum, il faut rechercher, dans le cas d'un verger de haute tige de développement moyen, un dépôt total sur le feuillage, de 1,5 à 2 kg de zeidane par hectare.

Partant de ces chiffres, la quantité d'insecticide à mettre en œuvre sera variable en fonction du « rendement » du traitement.

Les poudrages par motopoudreuse et par avion ont été comparés. Une motopoudreuse, utilisant par hectare 50 kg d'une poudre à 5 p. 100 de zeidane, assurerait une destruction à peu près totale des chenilles de Cheimatobie. Le rendement d'un tel traitement serait beaucoup supérieur à celui du traitement aérien.

L'avion devrait employer une poudre à 10 p. 100 au moins de zeidane, à la dose minimum de 50 kg par hectare ; il devrait opérer par temps très calme (vitesse du vent au plus égale à 1,5 m par sec.), voler le plus près possible du sommet des arbres, et s'efforcer de traiter chaque ligne de pommiers individuellement. Le seul avantage de traitement aérien est sa plus grande rapidité.

Les vergers de pommiers à cidre étant généralement soumis au pâturage, l'emploi des insecticides toxiques, tels que les arsenicaux et le parathion, ne peut être envisagé. Avec le zeidane, l'empoisonnement du bétail n'est pas à craindre, mais le passage de l'insecticide dans le lait des vaches pose un problème assez délicat et, pour éviter tout risque, il serait opportun d'écarter le bétail des vergers pendant une semaine après le traitement.

Nous n'avons pas examiné le cas des insecticides non toxiques d'introduction récente.

Reçu pour publication le 28 octobre 1955.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) ANGELINI (A.), CHEVREL (J.), GAUMONT (R.) et GRISON (P.). — Observations faites au cours du traitement aérien d'un verger contre l'hyponomeute. *Parasitica*, **6**, 88-97, 1950.
(2) ARNOUX (J.). — La Cheimatobie (*Operophtora brumata*) et les vergers de pommiers à cidre. *C. R. acad. agr.*, **37**, 374-377, 1951.
(3) CARTER (R. H.) *et al.* — D. D. T. content of milk from cows fed pea vine silage containing D. D. T. residues. *J. econ. entom.*, **42**, 119-122, 1949.
(4) CRIBIER (L.). — Sur la recherche de l'arsenic dissiminé dans les médicaments chimiques. *Th. univ. Paris* (*Pharmacie*), 1921.
(5) GRISON (P.), VENTURA (E.) et VIEL (G.). — Remarques sur l'emploi de l'hexachlorocyclohexane dans la lutte contre certains ravageurs. *C. R. acad. agr.*, **36**, 566-568, 1950.
(6) RAUCOURT (M.). — Les dépôts d'arsenic dans les prés-vergers à la suite des traitements insecticides. *A. des Epyph.*, **4**, 589-598, 1938.
(7) RAUCOURT (M.), TROUVELOT (B.) et CABANE (E.). — Importance et persistance des dépôts d'arsenic dans les traitements insecticides des prés-vergers. *Rev. path. vég.*, **26**, 67-78, 1935.
(8) RAUCOURT (M.), VIEL (G.) et CHEVREL (J.). — Étude sur les traitements aériens par poudrage. I. Étude de la répartition des poudres. *A. des Epyph.*, **4**, 227-256, 1953.
(9) SCHECHTER (M. S.) *et al.* — Colorimetric determination of D. D. T. *Ind. eng. chem., an. ed.*, **17**, 704-709, 1945.
(10) SHEPHERD (J. B.), MOORE (L. A.), CARTER (R. H.) et POOS (F. W.). — The effect of feeding alfalfa hay containing D. D. T. residue on the D. D. T. content of cow's milk. *J. dairy sc.*, **32**, 549-555, 1949.
(11) STEPANOW (A.). — *Ber. dtsch. chem. Ges.*, **39**, 4056, 1906.
(12) TROUVELOT (B.) et ARNOUX (J.). — Particularités de la lutte contre les insectes nuisibles du Pommier à cidre, et études qu'elles appellent. *C. R. acad. agr.*, **37**, 371-373, 1951.
(13) TROUVELOT (B.), ARNOUX (J.) et MARTOURET (D.). — Quatre années de recherches sur les ennemis du Pommier à cidre en Normandie. *C. R. acad. agr.*, **40**, 471-474, 1954.
(14) TROUVELOT (B.) et RAUCOURT (M.). — Sur la sensibilité des larves d'hyponomeutes aux sels d'arsenic. *Rev. path. vég.*, **22**, 298-302, 1935.
(15) VENTURA (E.) et RAUCOURT (M.). — Traitement par poudrage des pommiers à cidre contre les chenilles défoliatrices. *C. R. acad. agr.*, **36**, 685-686, 1950.

(16) VIEL (G.). — Variation de l'effet toxique en fonction de la quantité de poudre déposée dans les poudrages insecticides. *C. R. acad. agr.*, **36,** 683-684, 1950.
(17) WELCH (H.). — Tests of the toxicity to sheep and cattle of certain of the newer insecticides. *J. econ. entom.*, **41,** 36-39, 1948.
(18) WINGO (C. W.) et CHRISLER (O. S.). — Effect of D. D. T. on dairy cattle and milk. *J. econ. entom.*, **41,** 105-106, 1948.

RECHERCHES SUR LE CHANCRE DU PÊCHER CAUSÉ PAR *FUSICOCCUM AMYGDALI* DELACROIX

PAR

C. GROSCLAUDE

Avec la collaboration technique de **J. Simone**
Station de Pathologie végétale
Centre de Recherches agronomiques du Sud-Ouest
Pont-de-la-Maye (Gironde)

PLAN DU MÉMOIRE [1]

I. — Historique de la question.
II. — Symptômes de la maladie.
III. — Étude mycologique de l'agent responsable.
IV. — Biologie du parasite dans la nature.
V. — Méthodes de lutte.
VI. — Sommaire.
Bibliographie.

I. — HISTORIQUE DE LA QUESTION

C'est en 1905 que la littérature fait pour la première fois mention du *Fusicoccum amygdali*, à la suite des observations du mycologue français DELACROIX sur des amandiers en Provence (1).

Plus tard en 1909, ARNAUD mentionne le champignon comme agent de la « maladie ponctuée des rameaux » de l'amandier (2, 3). Mais les observations fragmentaires de cette époque et l'aire d'extension très limitée de ce parasite cantonné à la basse vallée du Rhône expliquent l'absence de toute publication le concernant pendant un long laps de temps après la découverte de DELACROIX. La maladie, bien que l'on envisageât déjà en 1905 des moyens de lutte, ne revêtait d'ailleurs qu'une bien minime importance et semblait se borner à quelques variétés d'apport extérieur.

Mais pendant les années qui précèdent la seconde guerre mondiale,

[1] Ce mémoire complète la communication présentée en juillet 1955 à Rouen au Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences et celle présentée à Paris en octobre 1955 au Congrès pomologique.

le champignon apparaît en Amérique dans l'état de New-Jersey (4). Il s'agit cette fois du pêcher sur lequel les auteurs américains relèvent une altération des rameaux due au *Fusicoccum amygdali* et qu'ils baptisent « chancre du pêcher ». L'identité du parasite isolé avec l'organisme décrit par DELACROIX n'est pas établie, toutefois, avec une certitude absolue. BOYD retrouve le parasite dans le Sud-Est du Massachusetts (5).

Depuis cette date, la littérature américaine mentionne un certain nombre de fois le *Fusicoccum amygdali* qui cause dans plusieurs états de graves dégâts sur les pêchers. Les publications de ces auteurs consignent leurs observations à ce sujet et traitent des moyens pratiques de lutte, à l'exclusion de toute étude purement mycologique. Nous citerons parmi ceux-ci :

HILDEBRAND qui en 1947 signale le *Fusicoccum amygdali* dans l'état de New-York où cependant il ne joue qu'un rôle mineur (6).

En 1952, GUBA parle du chancre à *Fusicoccum amygdali* qui est responsable de sérieuses attaques dans certains vergers du Comté de Bristol (7).

Dans une publication datant de 1953, DAINES et ses collaborateurs décrivent la maladie qui sévit avec une gravité inquiétante dans le South-Jersey (8). La même année, GUBA poursuivant ses travaux, compare ses échantillons avec d'autres provenant d'amandiers de la Drôme et établit ainsi, avec certitude, la concordance entre le *Fusicoccum amygdali* et le chancre du pêcher qui sévit dans l'état de Massachusetts (9).

En Europe, à notre connaissance, il n'a jamais été fait mention de ce champignon sur pêcher et la présente étude résume nos observations dans le Sud-Ouest de la France ainsi que nos travaux des deux dernières années sur la question.

II. — SYMPTOMES DE LA MALADIE

L'attaque débute en général au niveau d'un bourgeon et intéresse les rameaux de moins de deux ans. Il apparaît une aire nécrosée de couleur brunâtre, légèrement déprimée, à contour elliptique, centrée sur le bourgeon atteint (fig. 1). La maladie suivant son cours, on observe par la suite le flétrissement de toute la partie située au-dessus de la zone atteinte, peu de temps après que le chancre — si nous adoptons cette terminologie — ait fait le tour du rameau.

Ce flétrissement, ou ce dessèchement suivant les cas, peut se manifester à tous les stades végétatifs : au printemps, alors que l'arbre est en pleine floraison, ou bien dans le courant de l'été il frappe alors les jeunes pousses feuillées. La maladie prend à ce moment un aspect spectaculaire : la récolte peut être réduite de façon notable tandis que l'avenir

de l'arbre lui-même est compromis par la mort de rameaux vigoureux (fig. 2).

Les chancres ne sont jamais isolés : chaque arbre peut en présenter plusieurs dizaines dans les cas les plus graves et il n'est pas rare de voir plusieurs chancres sur le même rameau. Lorsque par suite d'une contamination trop tardive, ou encore à cause de la résistance propre de l'hôte, le parasite n'a pu tuer dans l'année le jeune rameau où il s'était installé, le champignon se conserve dans la branche et son évolution n'est limitée que par ses exigences thermiques. La nécrose s'étend l'année suivante, c'est ce qui explique que le *Fusicoccum amygdali* peut aussi se trouver sur des rameaux âgés où il provoque des dégâts qui méritent vraiment le nom de chancre.

Sur les chancres de jeunes rameaux parvenus à un stade avancé d'attaque, ou encore sur les vieux rameaux atteints s'il en existe, on peut apercevoir les fructifications du parasite sous forme de minuscules pycnides noires et superficielles atteignant environ 1/4 de millimètre de diamètre. Ces pycnides à maturité laissent échapper leurs spores agglomérées en de petites vrilles ou « cirrhes » de couleur blanc crème.

Enfin, sur les rameaux ou sur les arbres morts se surajoutent fréquemment des champignons saprophytes tels que des *Cytospora*. Il s'agit la plupart du temps de *Cytospora leucostoma* (Pers.) Sacc. ou de sa forme parfaite *Leucostoma Persoonii* (Nit.) Togashi (10) (fig. 3). Le rameau prend alors une couleur argentée tandis que l'épiderme desséché se craquelle, tendant à s'exfolier. C'est ce que les auteurs anglo-saxons appellent « silver-twig ». De plus, les fructifications abondantes du *Cytospora* masquent complètement le parasite initial au point que certains ont cru voir en lui le seul responsable de la maladie.

Enfin, il n'est pas impossible de trouver des dégâts de *Fusicoccum amygdali* sur les feuilles où il peut provoquer une criblure ou une nécrose marginale du limbe. Le parasite progressant alors par voie pétiolaire s'installe dans le rameau où il provoque un chancre, tandis que la feuille meurt mais reste cependant longtemps après, à demi-décomposée, insérée sur le rameau. Ce phénomène est d'autant plus visible qu'il intervient tard en saison, à une époque où les feuilles saines sont déjà tombées.

De même, les fleurs peuvent être attaquées et se présentent alors comme si elles avaient été touchées par le *Monilia laxa*. Mais ce dernier genre de dégâts, bien que conduisant finalement au chancre sur rameau, semble cependant exceptionnel dans la nature. Nous y reviendrons toutefois à propos des contaminations artificielles que nous avons effectuées.

FIG. 1. — Dégâts de *Fusicoccum amygdali* sur rameaux de pêchers.

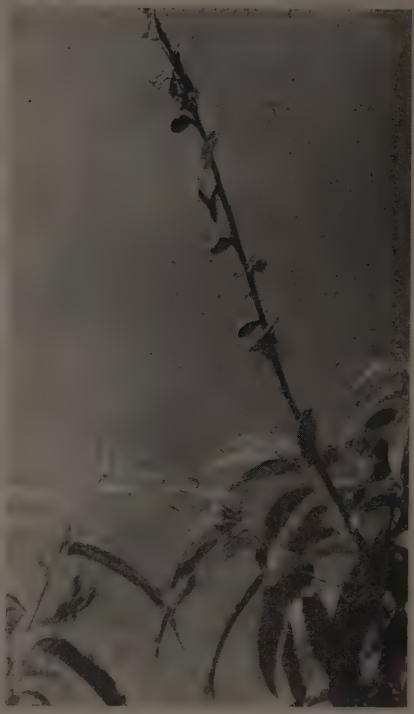


FIG. 2. — Dessèchement de rameau dû à *F. amygdali*.

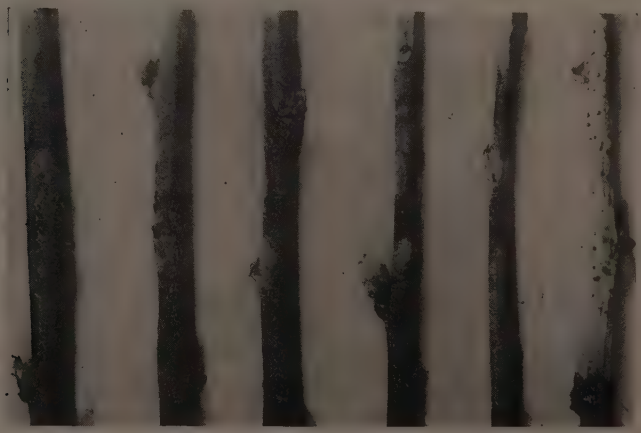


FIG. 3. — Dégâts de *F. amygdali* sur pêchers. A l'extrême droite, le rameau a été envahi secondairement par *Cytospora leucostoma*.

IMPORTANCE ÉCONOMIQUE DANS LE SUD-OUEST

C'est en 1954, que nous avons remarqué le parasite pour la première fois dans le Sud-Ouest, et ceci sur les pêchers seulement. Nous avons pu facilement l'identifier au *Fusicoccum amygdali* DELACROIX grâce à la diagnose de cet auteur (1) et par la comparaison des échantillons originaux de l'herbier mycologique de la Station centrale de Pathologie végétale. En outre, les dégâts observés sur les pêchers concordent en tous points avec les descriptions qu'en donnent les auteurs américains (7, 8, 9). Des isolements, puis des réinoculations expérimentales ont donné des résultats positifs.

Le champignon existait vraisemblablement dans nos régions bien avant cette date, mais il était jusque-là passé inaperçu pour différentes raisons. Inconnue du praticien, cette nouvelle maladie fut souvent confondue — et l'est encore actuellement — avec d'autres plus communes. Parmi celles-ci, nous citerons le *Coryneum Beijerinckii* qui peut provoquer des chancres sur rameaux et une criblure des feuilles ressemblant grossièrement à ce qu'on observe dans les cas de chancre du pêcher. Les attaques du *Fusicoccum amygdali* sur fleurs sont également facilement confondues avec celles bien connues du *Monilia laxa*. Enfin, nous avons vu comment le champignon pouvait être masqué par d'autres organismes secondaires tel que *Cytospora leucostoma*.

Il faut d'ailleurs préciser que cette affection a pris ces dernières années une extension qu'elle n'avait certainement pas jadis. Nous ne pouvons pour l'instant que constater la recrudescence d'activité de ce parasite sans en donner les causes. Il ne s'agit pas là en effet d'une curiosité mycologique : ici, comme aux U.S.A., la gravité de l'attaque oblige certains arboriculteurs à renoncer à la culture des variétés trop sensibles que l'on arrache.

Nos prospections ont porté sur l'ensemble des départements du Sud-Ouest pendant les deux dernières années. Nous avons pu ainsi déceler d'importants foyers de chancre dans les départements ci-après : Gironde, Lot-et-Garonne, Basses-Pyrénées, mais il en existe aussi dans les Landes, la Dordogne, le Tarn-et-Garonne et cette liste pourrait certainement être allongée.

Heureusement, la maladie semble se propager assez lentement d'un verger à un autre et, par ailleurs, il existe des différences de sensibilité assez nettes au sein de l'espèce-hôte. La question de la sensibilité variétale n'a pas fait encore de notre part l'objet de travaux particuliers et nous nous bornerons ici à quelques faits d'observation. Tout d'abord, il ne semble pas qu'il existe des variétés absolument résistantes au parasite. Les contaminations artificielles que nous avons réalisées, et sur les-

quelles nous reviendrons plus loin, ont d'ailleurs confirmé cette hypothèse. Nous avons trouvé le *Fusicoccum amygdali* sur un grand nombre de variétés et de souches parmi lesquelles ; Arp Beauty, J. H. Hale, Dugelay, Madame Girerd, Carman, Elberta, May Flower, Redhaven, Halehaven, Triumph, Aribaud, Aubin nº 75, Charles Roux, Amsden, Belle Impériale, Charles Ingouf, Uneeda, Précoce de Hale, Early Elberta, etc... Cependant, les deux variétés les plus sensibles sont J. H. Hale et surtout Arp Beauty que beaucoup d'arboriculteurs abandonnent. Les auteurs américains dans leurs publications (7) citent d'autres noms, mais il s'agit pour la plupart de variétés qui ne sont pas cultivées en France.

III. — ÉTUDE MYCOLOGIQUE DE L'AGENT RESPONSABLE

Nous ne nous étendrons pas sur des considérations d'ordre taxonomique. Il n'est pas impossible que le champignon en question ait été désigné sous d'autres noms que celui de *Fusicoccum amygdali* (7), mais nous écarterons le problème pour nous en tenir à la description de DELACROIX (1) que nous reproduisons ici :

Fusicoccum amygdali nov. sp. G. Del. — Maculis albidis, irregularibus, mox depressis, saepius longitudinaliter sed interdum pariter transverse rimosis ; stromate variabili ; pycnidiis subepidermicis, et, epidermide rupto saepe subsuperficialibus, uni-vel saepius plurilocellatis, dimensione varioribus, transverse compressis latioribusque, usque 275 μ latitudine et 50 μ altis, poro unico, latiore, irregulari ; stylosporis irregularibus, ovatis vel subpiriformibus, interdum ad basim acutatis, hyalinis, protoplasmate granulis guttulisve carente, 5-7, 25 × 2,5-3 μ ; sterigmatibus brevioribus, 5 μ circiter longis, acicularibus.

« *In ramis adhuc vivis Amygdali communis* ».

Nos propres mesures ont donné pour les pycnospores : 5,42 μ ± 0,84 pour la longueur et une largeur variant de 1,5 à 2 μ donc un chiffre un peu plus petit que celui annoncé par DELACROIX. L'examen des spores était réalisé par la méthode du frottis à l'encre de Chine (fig. 4). Les pycnides, le plus souvent uniloculaires, mesurent de 200 à 300 μ de large en moyenne, et environ 50 μ de hauteur.

Nous n'avons pas fait l'étude comparative des diverses souches en notre possession qui nous auraient peut-être révélé de minimes différences biométriques. La forme parfaite de cet organisme étant encore inconnue, nous devons classer provisoirement encore le *Fusicoccum amygdali* dans les Spheropsidales.

Le champignon est facile à isoler, soit à partir des tissus chancreux eux-mêmes, soit directement à partir des cirrhes. Ceux-ci, lorsqu'on ne les rencontre pas dans la nature, peuvent être néanmoins produits en

abondance en maintenant quelques jours en chambre humide des rameaux atteints (fig. 5). Remarquons d'ailleurs que cette production de cirrhes par les pycnides n'est pas sous la dépendance exclusive de facteurs tels que l'humidité atmosphérique : dans deux de nos vergers d'essais, nous avons observé la sortie des cirrhes fin mars après deux mois de sécheresse persistante.

Nous avons cultivé le champignon avec succès sur un grand nombre de milieux nutritifs synthétiques ou naturels. Nous citerons en particulier les milieux gélosés à base de prune, haricots, tomates, maïs, bois de pêcher, avoine. C'est ce dernier milieu qui nous a donné les meilleurs résultats, avec ou sans addition de sels minéraux et peptones ce qui constitue la formule de Knorr (1) préconisée par DEFAGO pour la culture des Valsacées (10).

Après une semaine en chambre étuve à + 23°C, on obtient dans une boîte de Pétri contenant du milieu gélosé à l'avoine et ensemencée au centre par un fragment de mycelium, une colonie de 4 cm de diamètre environ. La boîte est entièrement recouverte par le champignon en 12 à 13 jours. Le mycelium est d'un blanc très pur d'abord plaqué au substrat, puis floconneux par la suite. Sur gélose au bois de pêcher la croissance est un peu plus rapide, et certaines souches présentent alors une croissance par auréoles successives (phénomène du « staling »). De même la croissance peut être accélérée par l'addition au milieu de quelques gouttes de jus d'orange.

Le champignon fructifie facilement en culture en formant de nombreuses pycnides noires laissant à maturité exsuder des gouttelettes d'une substance visqueuse, couleur crème à blanc rosé et contenant les spores. Sur les bords plus secs de la culture, ce sont de véritables cirrhes en vrilles qui s'échappent des fructifications.

Nous avons étudié quelques-uns des facteurs influant sur la formation des pycnides *in vitro*. L'action de la lumière en particulier est intéressante. Le mycelium des tubes placés à l'obscurité demeure complètement stérile. Par contre à la lumière continue (obtenue dans nos expériences en maintenant les cultures à la lumière d'un tube fluorescent fonctionnant sans arrêt), les premières pycnides se forment en 5 à 6 jours. Par ailleurs, la croissance du mycelium est légèrement accélérée.

Le mode d'ensemencement n'est pas indifférent : à la méthode classique consistant à placer au centre de la gélose un morceau d'une autre culture ou un fragment de cirrhes, nous préférons utiliser une dilution de spores (cirrhes de culture ou naturelles) dans de l'eau stérile. Ce procédé, s'il n'accélère pas la fructification de façon sensible, a toutefois

(1) Gélose à l'avoine ordinaire : eau 1 litre, gélose 20 g, flocons d'avoine 60 g.
Gélose à l'avoine de Knorr : eau 1 litre, gélose 20 g, flocons d'avoine 40 g, peptones 1,25 g, PO_4K_2H 0,625 g, SO_4Mg 0,625 g.

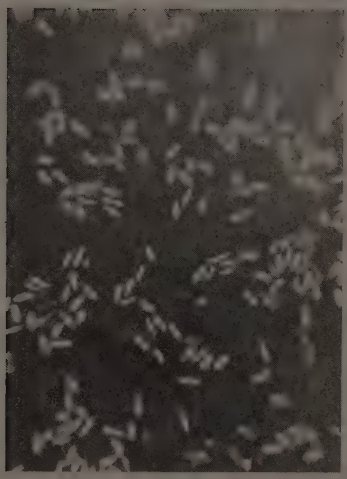


FIG. 4. — Microphoto : spores de *F. amygdali* (frottis d'encre de Chine).

FIG. 5. — Cirrhes de *F. amygdali* sur un rameau maintenu quelques jours en chambre humide.

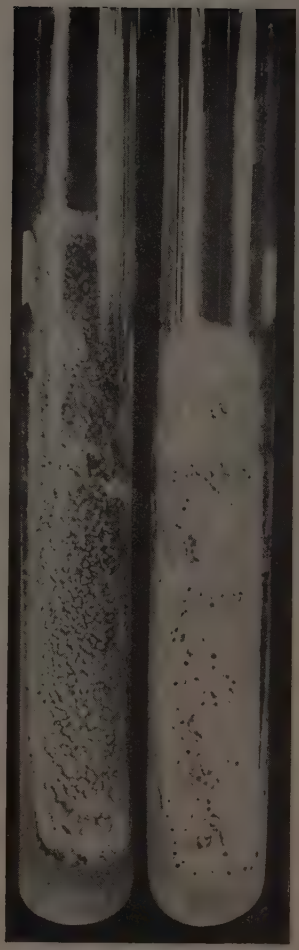


FIG. 6. — Cultures de *F. amygdali* sur gélose à l'avoine après 12 jours. A droite, ensemencement normal, à gauche par dilution.

l'avantage de permettre une production de pycnides et de spores beaucoup plus abondante (fig. 6).

Outre les milieux gélosés, nous avons cultivé avec succès le champignon sur des rameaux de pêchers stérilisés et trempant ou non dans de la gélose. On peut obtenir là encore des pycnides, mais le développement du cryptogame est comme on peut s'en douter assez ralenti, malgré la progression surtout superficielle du mycelium. Nous avons essayé de cultiver le parasite sur des rameaux de pêcher non autoclavés, mais désinfectés à froid par l'oxyde de propylène suivant la technique de HANSEN et SNYDER (11). Cette méthode d'un emploi assez délicat ne nous a d'ailleurs pas donné de meilleurs résultats que les autres.

Nous avons cultivé également le *Fusicoccum amygdali* sur des milieux nutritifs liquides. Parmi le petit nombre que nous avons essayés, nous avons retenu le suivant qui permet une bonne croissance du champignon ainsi que sa fructification dans un temps relativement rapide. Il est préférable dans ce cas d'ensemencer non par dilution de spores, mais à l'aide d'un fragment de culture gélosée à la surface du liquide. Dans ces conditions, un Erlenmeyer rempli au tiers environ par 600 ml de milieu nous a donné après 14 jours en chambre étuve à + 23°C (à la lumière diffuse) une abondante prolifération du champignon représentant 1430 mg de mycelium sec. Pendant ce temps, il avait été consommé 8,4 g de sucres.

Milieu nutritif liquide utilisé pour cultiver le Fusicoccum amygdali (1)

Eau distillée	1 litre
KCl	0,5 g
SO_4Mg	0,5 g
PO_4KH_2	1 g
NO_3Na	2 g
SO_4Fe	0,01 g
Saccharose	20 g
Extrait de Malt	5 g (2)

Des essais d'incorporation au milieu d'hormones de croissance n'ont donné jusqu'à présent aucun résultat intéressant. Il en a été de même de l'irradiation des cultures par les rayons ultra-violets.

Germination des spores. — Les spores de *Fusicoccum amygdali*, malgré leur petite taille, s'observent facilement même non colorées. Nous avons essayé, mais sans succès, des colorations vitales au rouge neutre à la concentration de 10^{-4}. Les spores germent parfaitement (et le champignon se développe normalement lorsque le produit a été incorporé au milieu nutritif), mais il n'y a qu'une faible coloration du vacuome (12).

La germination des spores peut être étudiée soit en goutte pendante,

(1) L'addition de calcium à ce liquide nutritif serait favorable à la croissance du champignon, mais présente l'inconvénient de donner lieu à un précipité assez abondant lors de la cuisson.
(2) « Maltea Moser ».

dans des cellules de VAN TIEGHEM, soit par la méthode des traits sur gélose pure.

La spore augmente d'abord un peu de volume, puis émet un ou plusieurs tubes germinatifs qui ne tardent pas à se cloisonner et à se ramifier (fig. 7). En étuve à + 23°C, on obtient au bout de 24 heures une germination de l'ordre de 80 p. 100.

Production de toxines flétrissantes par le Fusicoccum amygdali. — Guidés par nos observations dans la nature, nous avons cherché à mettre en évidence dans nos cultures des toxines flétrissantes résultant du métabolisme du champignon (13). Nous avons pour ceci cultivé le *Fusicoccum amygdali* en milieu nutritif liquide suivant la méthode exposée plus haut.

Au bout de quinze jours à trois semaines, les cultures sont filtrées sur papier filtre, puis sur bougie en porcelaine avec le maximum de précautions d'asepsie, et le filtrat soigneusement recueilli.

Dans une première expérience, plusieurs lots furent ainsi réalisés :

lot n° 1 : Erlenmeyers contenant 75 ml environ de filtrat fraîchement obtenu.

lot n° 2 : Erlenmeyers contenant 75 ml environ du milieu nutritif liquide stérilisé mais n'ayant pas été ensemencé.

lot n° 3 : Erlenmeyers témoins contenant de l'eau du robinet.

Il y avait trois répétitions.

Dans chaque Erlenmeyer, on introduit un rameau feuillé de pêcher fraîchement coupé et provenant du même arbre. Il s'agit de la variété J. H. Hale. La base du rameau est désinfectée à l'alcool et un bouchon de coton cardé est enroulé autour du rameau dans le col du récipient. Le tout est placé sur une paillasse du laboratoire.

Le début de l'expérience se situe le 28 avril 1955 à 16 heures. Le surlendemain à 8 heures, on remarque une perte de turgescence très nette sur deux rameaux du lot n° 1. Enfin à 14 heures, c'est-à-dire au bout de 46 heures, l'ensemble du lot est complètement flétri et les feuilles devenues sèches, tombent à la moindre manipulation (fig. 8).

Pendant ce temps on ne remarque aucune anomalie sur les lots 2 et 3 qui garderont encore plusieurs jours leur aspect habituel, même après invasion ultérieure du milieu nutritif par divers saprophytes. Bien que la filtration n'ait pas été assez rigoureuse pour qu'on puisse être certain d'une élimination totale de spores aussi petites que celles du *Fusicoccum amygdali*, la lenteur du développement du champignon est telle que lorsque débute le flétrissement, la germination de ces spores vient à peine de commencer. On peut donc conclure que le *Fusicoccum amygdali* produit des substances phytotoxiques flétrissantes diffusibles dans le milieu.

Une seconde expérience nous permit d'étudier la rapidité du flétrissement en fonction de la concentration du filtrat. Pour ceci, nous avons

comparé au filtrat lui-même une dilution au demi. Dans ce dernier lot, le flétrissement était retardé de plusieurs heures.

Une troisième expérience réunit les cinq lots ainsi constitués avec deux répétitions :

1° Filtrat de culture de *F. amygdali* autoclavé 15 minutes à + 115°C et dilué au demi.

2° Filtrat autoclavé non dilué.

3° Milieu nutritif liquide non inoculé.

4° Milieu nutritif liquide non inoculé, dilué au demi.

5° Eau du robinet.

L'essai débute le 2 juin 1955 à 11 heures 30. Au bout de 20 heures les rameaux du lot n° 2 commencent à perdre leur turgescence. Au bout de 45 heures, les rameaux des lots n° 1 et n° 2 sont complètement flétris, ce phénomène étant toutefois moins accentué sur le premier lot. Les rameaux des lots n° 3, n° 4 et n° 5 resteront intacts encore plusieurs jours après. Les toxines flétrissantes produites par le champignon sont donc thermostables.

Remarquons que les temps de flétrissement cités dans ces expériences n'ont qu'une valeur relative, et dépendent en particulier de facteurs tels que luminosité, chaleur, humidité du milieu ambiant ainsi que de l'état de l'arbre sur lequel ont été prélevés les rameaux. C'est ainsi que dans un autre essai, nous avons pu obtenir le flétrissement en moins de 24 heures.

Nous avons pensé utiliser ces expériences pour tester la sensibilité des différentes variétés de pêcher, sinon au parasite du moins aux toxines qu'il produit. Bien qu'il soit assez difficile d'apprécier le degré de flétrissement de façon précise, nous avons pu observer cependant des différences correspondant grossièrement à celles que l'on remarque dans la nature quant à la sensibilité de l'hôte.

L'essai portait sur six variétés, à savoir :

Madame Girerd	souche 612 (1)
Redhaven	souche 1 161
Arp Beauty	souche 1 019
May Flower	souche 746
Halehaven	souche 1 158
J. H. Hale	souche 570

Dans les deux répétitions effectuées, les premiers symptômes de la perte de turgescence se manifestèrent, sur J. H. Hale et Halehaven au bout de 21 heures. Au bout de 26 heures, l'ensemble des variétés ne présentait plus aucune différence appréciable et tous les lots étaient flétris.

Enfin, comme il est de règle dans ce genre d'expériences, nous avons cherché à savoir quel était le degré de spécificité des substances ou de la

(1) Souches provenant de la Station d'arboriculture fruitière du Centre de Recherches agronomiques du Sud-Ouest.

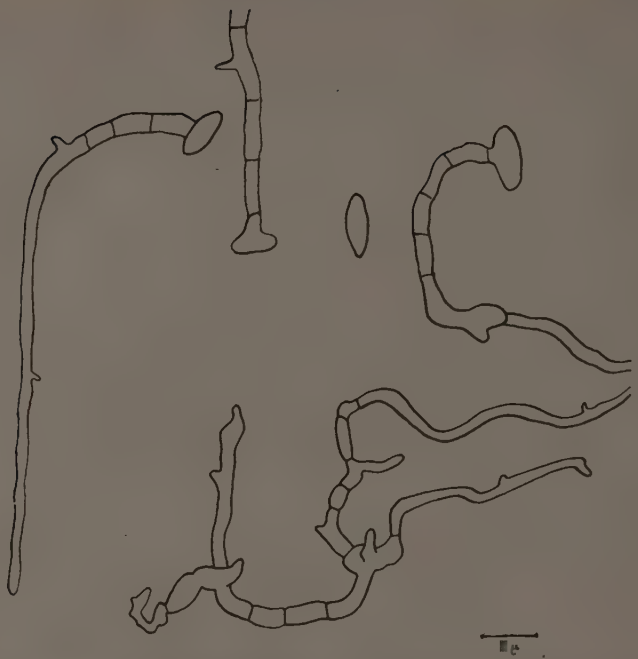


FIG. 7. — Germination des spores de *F. amygdali* après 24 heures à l'étuve en cellule de Van Tieghem.

FIG. 8. — Sécrétion de toxines flétrissantes par *F. amygdali*.
A gauche : eau.
Au centre : milieu nutritif non inoculé.
A droite : filtrat de culture.

substance phytotoxiques secrétées par le *Fusicoccum amygdali* (13). Pour ceci nous avons utilisé les espèces suivantes : pêcher, abricotier, pommier, cerisier et vigne. Les filtrats de culture, autoclavés ou non, produisirent en 42 heures le flétrissement complet des quatre premières espèces, alors que la vigne présentait une bien meilleure résistance.

On peut donc dire que les substances flétrissantes produites par le *Fusicoccum amygdali* n'ont pas ou peu de spécificité.

Des essais analogues furent conduits non plus avec le *Fusicoccum amygdali*, mais avec le *Cytospora leucostoma*. La présence fréquente des deux organismes sur les arbres malades pouvait en effet laisser supposer des rapports de parenté intéressants, peut-être même une certaine action synergique. Il semble qu'il n'en soit rien et nous n'avons pas pu mettre en évidence, par les méthodes exposées plus haut, une quelconque toxicité pour les plantes supérieures des filtrats de culture de *C. leucostoma*.

Aucun travail n'a été jusqu'alors entrepris pour déterminer la nature chimique des substances flétrissantes ; tout au plus peut-on dire qu'il s'agit d'exotoxines et que celles-ci ne sont pas de nature protéique.

Contaminations artificielles. — Celles-ci, faciles à réaliser, ont porté sur les rameaux, les feuilles, les fleurs et les fruits.

a) *Sur rameaux.* — Nous avons utilisé indifféremment comme source d'inoculum des fragments de cultures gélosées portant des pycnides fertiles, des cirrhes provenant de nos cultures ou des suspensions de spores provenant d'échantillons récoltés dans la nature.

L'inoculum était déposé sur un bourgeon blessé au préalable à l'aide d'une aiguille lancéolée désinfectée. L'humidité était maintenue par un coton imbibé d'eau stérile et le tout enveloppé d'une mince feuille de matière plastique.

En automne, les contaminations portaient plus particulièrement sur les cicatrices foliaires au niveau des bourgeons et, par ailleurs, nous avons infecté des blessures faites en un point quelconque du rameau (par arrachage d'un lambeau d'écorce) ainsi que des plaies de taille.

Tandis que ces contaminations intéressaient les seuls rameaux de l'année, quelques-unes ont été effectuées à l'insertion d'un jeune rameau sur une branche plus âgée. Enfin, les mêmes essais furent faits sur des parties du végétal (bois, bourgeons, etc.) non blessées.

A quelques exceptions près, toutes nos contaminations de jeunes rameaux, au niveau des blessures de bourgeons ou de cicatrices foliaires, donnèrent des résultats positifs en reproduisant les symptômes relevés dans la nature. Nous avons aussi obtenu des résultats positifs sur les blessures effectuées en un point quelconque du jeune rameau, sur les plaies de taille et même sur des bourgeons non blessés. Toutefois les contaminations au niveau du bois âgé échouèrent : la présence dans la nature de chancre sur des bois de plus de deux ans s'expliquant, comme nous

l'avons précisé plus haut, non par une contamination tardive qui s'avère pour le moins difficile, mais comme l'évolution très lente d'un chancre ayant débuté sur un jeune rameau.

Ces quelques essais montrent que le *Fusicoccum amygdali* pénètre dans son hôte surtout par les blessures accidentelles. Les contaminations obtenues sur des bourgeons non blessés ne peuvent d'ailleurs infirmer cette hypothèse, car rien ne permet de supposer à priori que de tels organes, si fragiles, soient parfaitement intacts au début des expériences.

Le champignon se développe lentement dans son hôte et ce phénomène aurait mérité d'être étudié en fonction des conditions de température et d'humidité du milieu. Nous pourrons cependant donner pour fixer les idées quelques précisions.

Des contaminations effectuées en verger, au mois de février 1955, ont extériorisé les premiers symptômes de la maladie environ deux mois après, le flétrissement et la mort du rameau infecté sont survenus au bout de trois mois seulement.

En serre, par contre, le phénomène est plus rapide surtout à cause des conditions optima de température et d'humidité que peut y trouver le champignon, et aussi par le fait que la vigueur des sujets est moindre ici qu'en pleine terre. En serre donc, nous avons obtenu des résultats positifs en 35 jours et parfois la mort du sujet entier en deux mois.

A partir des chancres obtenus en contamination artificielle, nous avons réalisé des isolements de centimètre en centimètre, afin de localiser l'organisme parasite dans le rameau une fois mort. Le champignon ne semble guère s'étendre hors de la zone nécrosée visible extérieurement. Ceci nous a permis d'étudier sa progression à partir d'un bourgeon inoculé ou encore à partir d'une plaie de taille. Dans les conditions de nos essais (au printemps en verger) cette progression est de l'ordre de un à deux centimètres par mois ; elle se poursuit à ce rythme tant que le champignon trouve à sa disposition des tissus vivants.

b) *Sur feuilles.* — Nous avons ici opéré exclusivement à l'aide de suspensions de spores pulvérisées ou badigeonnées sur les organes en question. Les parties contaminées étaient ensuite recouvertes par un sac imperméable et transparent en matière plastique afin de maintenir une atmosphère humide pendant un à trois jours, grâce à l'adjonction d'un coton imbibé d'eau et placé à la base.

Là encore, nous avons opéré sur des feuilles intactes (ou présumées telles) et sur des feuilles blessées au moyen d'une fine aiguille.

Il semble que les feuilles, même intactes, permettraient l'installation du parasite en provoquant par la suite un dessèchement marginal du limbe. On peut obtenir aussi (et à coup sûr à partir des feuilles blessées) une criblure du limbe assez régulière, et ceci dans un délai de quinze jours environ (fig. 9).

Le parasite progressant par voie pétiolaire, nous avons pu reproduire exactement ce qui se passe dans la nature et obtenir la formation de chancres sur rameaux.

Voici, à titre d'exemple, l'évolution du phénomène sur un de nos arbres d'essais en verger.

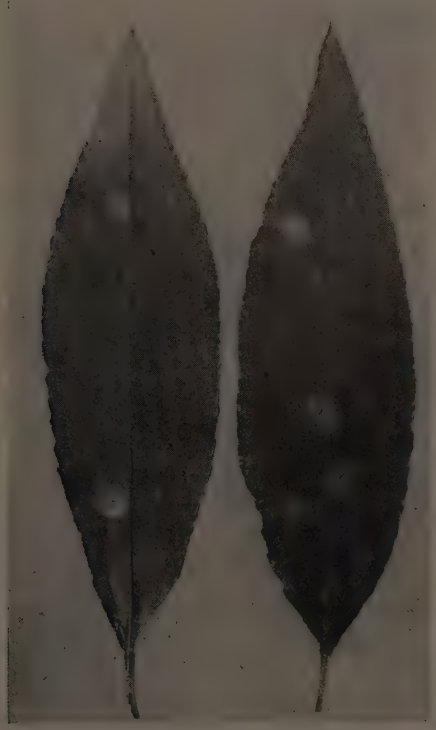


FIG. 9. — Criblure expérimentale sur feuilles de pêchers due à *F. amygdali*.

21 mai 1955 : Pulvérisation d'une suspension de spores de *Fusicoccum amygdali* sur certains rameaux feuillés (blessés ou non) d'un pêcher J. H. Hale. Ensachage trois jours sous sac de polyéthylène.

6 juin : Apparition d'une criblure, plus abondante sur les feuilles blessées.

11 juillet : On relève sept débuts de chancres sur les jeunes rameaux : les feuilles criblées sont tombées pour la plupart.

c) *Sur fleurs.* — Le 1er avril 1955, nous avons pulvérisé une suspension de spores sur trois jeunes arbres en pleine floraison. Puis deux de ces arbres furent ensachés pendant respectivement 24 et 48 heures, dans des sacs en matière plastique transparente.

Le 11 juillet, on notait trois rameaux atteints, desséchés sur l'arbre n'ayant pas été ensaché, quatorze sur le second, enfin un chiffre bien plus élevé sur l'arbre qui avait séjourné 48 heures sous le sac. Il était visible que les lésions correspondaient aux fleurs attaquées. On avait d'ailleurs pu observer le flétrissement de la plupart tandis qu'à la place de celles qui avaient subsisté, il ne restait que des fruits avortés et desséchés, de la taille d'une noix.

d) *Sur fruits.* — Quelques essais fragmentaires nous ont permis d'observer le développement du *Fusicoccum amygdali* sur un fruit non blessé expérimentalement et son extension, par la suite, au rameau lui-même.

IV. — BIOLOGIE DU PARASITE DANS LA NATURE

A la lumière des expériences et travaux, certes incomplets, qui viennent d'être exposés, il nous est possible de dégager quelques idées générales sur le comportement du parasite dans la nature.

Bien que la contamination puisse avoir lieu dans quelques cas sur des organes intacts, on peut tout de même classer le *Fusicoccum amygdali* parmi les parasites de blessures. Cette contamination peut donc survenir à tout moment de l'année dès que des spores sont en mesure de germer, dans une goutte d'eau par exemple, et de s'introduire dans leur hôte à la faveur d'une solution de continuité des tissus protecteurs. Or, le pêcher traverse au cours de sa vie végétative un certain nombre de phases critiques pendant lesquelles le champignon pourra facilement trouver les voies d'entrée qui lui sont nécessaires.

Nous citerons en premier chef la chute des feuilles. Les milliers de cicatrices qui se forment à cette époque au niveau de l'insertion pétiolaire constituent autant de portes d'entrée pour le parasite, à une période où il existe des spores en abondance que les pluies d'automne vont entraîner du haut des rameaux jusqu'en bas.

Il semble bien en effet, d'après nos observations, que les plus nombreuses contaminations aient lieu dans la nature lors de la défeuillaison. Ce n'est qu'au printemps suivant qu'apparaîtront les jeunes chancres résultant de cette infection.

En second lieu, nous mentionnerons le débourrement. Sans tenir compte même des blessures accidentelles de ces organes fragiles que sont les bourgeons (chutes provoquées par des agents très divers), il n'est pas douteux que l'éclatement de ceux-ci au départ de la végétation donne lieu à la formation de nombreuses petites blessures, si l'on peut ainsi s'exprimer, au niveau des écailles. Enfin, il ne serait pas impossible de penser qu'après la récolte des fruits, les cicatrices laissées par ceux-ci puissent servir de voies d'entrée au *Fusicoccum amygdali*.

A toutes ces « lésions » naturelles, il faut aussi ajouter les blessures accidentelles, depuis celles, minuscules, que peuvent provoquer les insectes jusqu'à celles faites par l'homme lui-même (nous voulons parler de la taille notamment) et qui peuvent intéresser toutes les parties du végétal.

La floraison est, elle aussi, un stade sensible de la vie du pêcher, mais nous l'avons classée à part puisque nous avons vu qu'il n'est pas dans ce cas besoin de blessure pour assurer la contamination des fleurs.

Nous avons fort peu étudié les facteurs régissant la production de l'inoculum, c'est-à-dire la formation des spores et leur sortie sous forme de cirrhes, mais nous avons vu cependant que celle-ci ne se produisait pas forcément lors des périodes pluvieuses.

La dissémination de ces spores semble se faire de façon assez simple par l'eau des précipitations ruisselant de bourgeon en bourgeon et de branche en branche. Sans doute aussi, certains insectes comme les pucerons peuvent-ils jouer un rôle non négligeable dans la transmission de la maladie d'un point à un autre du même arbre, surtout lorsque ces prédateurs se trouvent en grande abondance sur le végétal.

Le vent par contre semble jouer un rôle assez minime du fait même de l'agglomération des spores en vrilles relativement volumineuses. Ceci explique d'ailleurs que la maladie reste longtemps localisée à certains foyers et ne s'étend que lentement d'un verger à un autre.

Les spores vont pouvoir germer dans l'eau ; il suffira pour cela que les organes du végétal restent humides pendant plusieurs heures et l'apparition des premiers symptômes ne se fera que longtemps après ainsi que nous l'avons vu (un à deux mois environ).

Une fois installé, le parasite va fabriquer des substances toxiques pour l'arbre et c'est ainsi que se produira le flétrissement brusque de la partie du rameau située au-dessus du chancre.

L'examen anatomique confirme d'ailleurs cette façon de penser car les tissus conducteurs au moment du flétrissement ne sont jamais obstrués et la sève brute peut y circuler librement. Tout au plus, l'examen révèle-t-il quelques filaments mycéliens dans les vaisseaux, les rayons médullaires ou la moelle. Le flétrissement provient donc de l'élaboration par le parasite de substances toxiques qui ont été mises en évidence par nos cultures *in vitro* (voir plus haut).

Le champignon subsiste à l'état de mycelium dans les rameaux et passe ainsi la mauvaise saison, quant aux spores il est probable qu'elles ne demeurent pas vivantes si la température s'abaisse par trop, mais nous n'avons pas fait d'études précises en ce sens.

V. — MÉTHODES DE LUTTE

Avant toutes choses, nous avons essayé *in vitro*, l'action de certains produits fongicides sur la germination des spores d'une part, et sur la croissance du champignon de l'autre.

A. GERMINATION DES SPORES

La méthode utilisée consistait à ensemencer par stries au moyen d'une suspension de spores des boîtes de Pétri contenant de la gélose stérilisée. A la gélose, nous avions incorporé les produits fongicides à étudier de façon à obtenir les concentrations suivantes (1) :

1/10 000, 3/33 333, 1/100 000, 1/333 333, 1/1 000 000.

Les fongicides utilisés furent les suivants : sulfate de cuivre, oxychlorure tétracuivrique à 50 p. 100, dinitrophénate d'ammonium, zinèbe à 65 p. 100, ferbame à 70 p. 100, zirame à 70 p. 100, thirame à 80 p. 100 et captane à 50 p. 100.

Pendant la durée de l'essai, les boîtes étaient maintenues en chambre étuve à + 23°C, puis l'on procédait au comptage des spores germées et non germées sous le microscope.

Voici les résultats obtenus :

Témoins sans fongicide : 80 p. 100 de germination en 24 heures.

Sulfate de cuivre : de 70 à 80 p. 100 de germination en 24 heures quelles que soient les concentrations.

Zinèbe : aucune germination au bout de 24 heures ; au bout de 48 heures, il y avait 67 p. 100 de germination à la concentration de 1/1 000 000 ; 45 p. 100 à la concentration de 1/333 333 et 0 p. 100 pour les autres concentrations.

Captane : après trois jours, 17 p. 100 de germination dans la concentration de 1/1 000 000.

Thirame : après cinq jours, 19 p. 100 de germination à 1/1 000 000.

Oxychlorure de cuivre : 80 p. 100 de germination en 24 heures, quelle que soit la concentration.

Dinitrophénate d'ammonium : *id.*

Ferbame, Zirame : aucune germination.

Il ne faut pas interpréter ces résultats avec une trop grande rigueur et le nombre trop faible des résultats nous a interdit tout calcul statis-

(1) Il s'agit ici des concentrations en produit commercial et non en substance active.

tique. De plus, la petitesse des spores rend les comptages très délicats. Néanmoins, deux faits sont à retenir, à savoir :

— l'efficacité des nouveaux fongicides organiques de synthèse ;

— l'inefficacité par contre des produits cupriques. Ce résultat confirmant d'ailleurs ce qu'avait remarqué DELACROIX (1) et corroborant en outre nos observations dans la nature ainsi que nous le verrons plus loin.

B. CROISSANCE DU CHAMPIGNON

L'essai fut réalisé en boîte de Pétri sur gélose nutritive à l'avoine où avaient été incorporés les fongicides, après ensemencement par fragment de culture. Les boîtes étaient placées en étuve à + 23°C à la lumière diffuse et ce, pendant six jours. Au bout de ce temps, on procédait à la mesure de la surface de la colonie.

Aux produits essayés sur la germination des spores, nous avions ajouté un fongicide à base de soufre. Les résultats obtenus furent identiques dans l'ensemble à ceux du dernier essai. De plus, le soufre se montra aussi peu actif que les fongicides cupriques.

On peut certes contester la valeur de tels essais, car l'action d'un fongicide inclus dans un milieu nutritif complexe sur la croissance mycélienne est bien éloignée de ce qui nous intéresse dans la pratique. Néanmoins ces tests sommaires nous ont guidé dans le choix des multiples produits anticryptogamiques à la disposition de l'expérimentateur. D'ailleurs, la concordance des résultats obtenus avec nos observations dans la nature permet de plus de penser que cette étape préliminaire n'était pas dénuée d'intérêt.

L'importance économique du chancre du pêcher qui a été évoquée plus haut exigeait qu'on ne se bornât pas à de simples essais de laboratoire. C'est pourquoi au risque de brusquer un peu le cours normal de toute recherche, nous avons de bonne heure tenté de lutter contre cette maladie dans les vergers eux-mêmes. Aidés par nos tests *in vitro*, nous nous sommes inspirés également des idées qui ont cours à ce sujet aux U.S.A. Dans certains états en effet, les services officiels de l'agriculture donnent déjà aux arboriculteurs des directives précises pour lutter contre le *Fusicoccum amygdali* (14) et ceux-ci sont amenés à faire dans leurs vergers un nombre important de traitements suivant une technique à laquelle nous sommes encore peu habitués.

Dans le sud-ouest de la France, une première constatation s'imposa d'abord à nous : le chancre prospérait dans les plantations les mieux tenues et traitées régulièrement comme on a coutume de le faire contre les parasites classiques : *Coryneum*, *Cloque* et *Monilia*, avec la bouillie bordelaise ou des soufres. Ces produits semblaient donc à première vue

inefficaces et nous avons vu que nos essais de laboratoire aboutirent à la même conclusion. DELACROIX lui-même avait déjà remarqué cette quasi indifférence du parasite vis-à-vis du sulfate de cuivre à de faibles concentrations et, par des moyens détournés, il pensait empêcher l'extension du mal en utilisant une bonne bouillie cuprique plus concentrée et plus acide qui aurait permis la solubilisation d'une plus forte quantité de métal (1).

Personnellement, nous n'avons pas obtenu de résultats très concluants dans la pratique avec l'emploi de toute la gamme des fongicides modernes (organiques de synthèse) utilisés au cours de cinq traitements en un an dans une plantation fortement atteinte. Mais en revanche nous avons tiré la leçon de ce demi-échec pour l'élaboration d'un programme d'études actuellement en cours et nous sommes à même dès maintenant de donner des suggestions pour permettre un traitement efficace.

Dans le cas qui nous intéresse, et comme partout en pathologie, on aura intérêt à commencer la lutte le plus tôt possible avant que le chancre n'ait causé de trop graves dégâts. La lutte préventive reste la meilleure garantie du succès, mais cependant nous cherchons surtout à guérir des plantations atteintes avant que le seul remède pratique ne soit l'arrachage pur et simple.

La première chose à faire est l'ablation totale de toutes les parties atteintes. Mais on comprendra la difficulté que présente une telle opération si on se rappelle qu'un même arbre peut porter plusieurs dizaines de chancres et que le chancre, malgré son nom, peut se réduire à une petite tache brune autour d'un bourgeon.

Ce nettoyage du verger a donc toutes les chances d'être inefficace s'il se borne à compléter la taille annuelle que subissent les arbres. L'arboriculteur le plus consciencieux laissera toujours échapper à son sécateur quelques-uns des chancres. De plus, n'oublions pas que la durée d'incubation de 60 à 90 jours au minimum conduira obligatoirement à laisser en place des organes déjà contaminés. C'est donc à plusieurs reprises qu'il faudra éliminer tout ce qui sur l'arbre n'est pas sain.

On peut pratiquement conseiller ce nettoyage à différentes époques et d'abord après la chute des feuilles. Nous avons vu plus haut comment la présence de feuilles à demi-décomposées et persistant sur l'arbre longtemps après la défeuillaison normale permettait de détecter des chancres qui sans cela seraient passés inaperçus.

Puis lors de la taille d'hiver ou de printemps, ce nettoyage sera poursuivi. Enfin durant la période de végétation l'opération sera facilitée du fait du flétrissement des rameaux atteints par une contamination antérieure.

Dans certains vergers gravement atteints, nous avons vu que l'on pouvait rencontrer des chancres sur des rameaux âgés et résultant d'une infection de rameaux de l'année n'ayant pas succombé aussi vite que les

autres. L'arboriculteur sera donc amené à couper de grosses branches et devra donc badigeonner très sérieusement toutes les plaies importantes avec un bon mastic fongicide.

Enfin, il est évident que ces opérations seront complétées par l'incinération des débris de la taille afin de ne pas laisser subsister de trop grandes quantités d'inoculum.

C'est donc sur des arbres débarrassés au maximum du parasite que nous effectuerons des traitements fongicides.

En ce qui concerne les produits à utiliser, nous savons déjà qu'il faudra proscrire le cuivre et ses dérivés. Il n'y a à cela aucun inconvénient majeur puisque les fongicides que nous préconisons permettront également une lutte efficace contre le *Coryneum* et la *Cloque*. De même nous éliminerons les soufres, avec une réserve toutefois, car il sera parfois intéressant de mélanger du soufre à d'autres fongicides pour lutter contre le *Monilia* ou même l'*Oïdium*.

Il reste donc toute la gamme des dérivés de l'acide dithiocarbamique (zirame, ferbame, zinèbe), le thirame, le captane (1) qui employés aux doses habituelles de 300 g de produit commercial par hectolitre pourront donner de bons résultats sans aucun risque de phytotoxicité. Peut-être pourrons-nous ajouter un jour à cette liste un produit systémique en cours d'essai et qui permettrait de traiter curativement avec plus de chance de succès ?

L'époque et le nombre des traitements auxquels nous avons fait allusion précédemment ont une importance primordiale.

En ce qui conerne l'époque, il faudra traiter lors des stades sensibles de l'arbre, c'est-à-dire :

— la chute des feuilles,
— le débourrement,
— la floraison,
— la récolte.

Dans les cas graves, à chacune de ces époques correspondra non pas un seul traitement, mais une série de traitements. On y ajoutera même quelques pulvérisations avant ou après la récolte suivant qu'il s'agit de variétés précoces ou tardives.

La multiplicité regrettable de ces traitements s'explique en partie parce que les fongicides organiques de synthèse préconisés ont une persistance généralement beaucoup moins bonne que la vieille bouillie bordelaise classique, surtout lorsqu'il s'agit de protéger les arbres pendant un automne pluvieux.

Mais surtout, lors de ces périodes, chaque jour qui fait tomber de nouvelles feuilles ou s'ouvrir de nouveaux bourgeons crée autant de nou-

(1) Toutefois, il semblerait que le Captane soit moins efficace contre la Cloque.

velles voies d'entrée pour le parasite et augmente par conséquent la réceptivité de l'arbre. Il faudra donc au fur et à mesure recouvrir ces nouvelles plaies ou ces nouvelles fleurs par une barrière fongicide. Pratiquement il faudra, si l'état sanitaire du verger le justifie, effectuer lors de ces périodes des traitements échelonnés tous les quatre ou cinq jours (par exemple, lors de la défeuillaison, depuis le début jusqu'à la fin, on pourra être amené à faire cinq ou six traitements).

On pourra objecter à un tel programme son prix de revient prohibitif. Il n'en reste pas moins vrai que c'est actuellement le seul moyen de lutte efficace si l'on ne veut pas être condamné à l'arrachage des arbres atteints. En outre, nous nous sommes placés volontairement dans les circonstances les plus défavorables, mais il va sans dire que dans la plupart des autres cas, un nombre moindre de pulvérisations pourra assurer une protection suffisante lorsqu'une contamination est à craindre.

VI. — SOMMAIRE

Le *Fusicoccum amygdali* Delacroix observé pour la première fois en 1905 en France sur amandier (*Prunus amygdali* Batsch) a depuis été retrouvé aux U.S.A., puis dernièrement dans le sud-ouest de la France où il détermine des altérations chancreuses graves sur jeunes rameaux de pêcher (*Prunus persica* Stokes). Les rameaux atteints flétrissent par suite de la production par le champignon d'une toxine thermostable qui a été mise en évidence.

Le parasite dont la forme parfaite est encore inconnue, se cultive et fructifie facilement *in vitro*. Il pénètre dans son hôte surtout à la faveur de blessures naturelles ou non et en particulier par les cicatrices foliaires. Des contaminations expérimentales nombreuses ont été effectuées avec succès.

Les variétés les plus sensibles dans le sud-ouest de la France sont Arp Beauty et J. H. Hale. On lutte contre le parasite à l'aide de pulvérisations fongicides (produits organiques de synthèse), précédés d'un sérieux nettoyage du verger. Les dérivés cupriques et soufrés sont peu efficaces ; des essais sont encore en cours pour déterminer la meilleure méthode de traitement.

Reçu pour publication le 2 décembre 1955.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Delacroix (G.). — Sur une maladie des amandiers en Provence. *Bul. Sté Myc. de France*, XXI, fasc. 3, 13-18, 1 fig., 1905.
(2) Arnaud (G.). — Maladies de l'amandier. *Progr. agric. et vitic.*, I, 454-455, 1 fig., 1909.
(3) Arnaud (G.). — *Traité de Pathologie végétale*, II, 1227, Paris 1931.
(4) Haenseler (C. M.) et Daines (R. H.). — Peach canker caused by *Fusicoccum amygdali*. Abs. in *Phytopath.*, XXXI, **1**, 10, 1941.

(5) Boyd (O. C.). — Fusicoccum canker in peach in Massachusetts. *Plant Dis. Reprt*, **25**, 273-274, May 13, 1941.
(6) Hildebrand (E. M.). — Perennial peach canker and the canker complex in New-York with methods of control. *Mem. Cornell agric. Exp. St.*, 276, 61 pp., 18 fig., 2 graph., 1947.
(7) Guba (E. F.). — Results of experiment and lessons from 1952 on fruit disease control and spray injury. *Reprint from Massachusetts fruit Growers association 59th, Annual Report 1953.*
(8) Daines (R. H.) et Cohoon (D. F.). — Peach canker and suggestions for its control. *Horticultural News v. 34, march 1953, n° 3, p. 2621 pub. by the New Jersey St. Hort. Soc.*
(9) Guba (E. F.). — Large leaf spot and canker of peach caused by the fungus *Fusicoccum amygdali* Delacr. *Plant Dis. Reprt*, nov. 15, 1953, **37**, n° 11, p. 560 (4 fig.).
(10) Defago (G.). — De quelques Valsées von Höhnel parasites des arbres à noyau dépérissants. Zurich, 1935.
(11) Hansen (H. N.) et Snyder (W. C.). — Gaseous sterilization of biological materials for use as culture media. *Phytopath.*, **37**, 369-370, 1947.
(12) Gautheret (R. S.). — La cellule. *Principes de Cytologie générale et végétale.* Paris, 1949.
(13) Demetriades (S. D.). — Sur une substance toxique pour les plantes secrétée par *Sclerotinia sclerotiorum. Ann. Benaki*, fasc. 1-2, 1950.
(14) Spraying recommendations for peaches. *Spray calendar 66. January 1955 Extension service, College of agriculture Rutgers University. The State University of New Jersey, New Brunswick N. J.*

NOTES SUR *HYDRELLIA GRISEOLA* (Dipt. Ephydridae), MOUCHE MINEUSE DU RIZ EN FRANCE

PAR

M. FÉRON ET H. AUDEMARD

Station de Zoologie agricole,
Centre de Recherches agronomiques du Sud-Est, Montfavet
(Vaucluse)

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Introduction.

II. — Répartition. Dégâts.

III. — Biologie.

A. — Évolution dans la nature.
B. — La ponte.
C. — Les œufs.
D. — Les larves.
E. — Les pupes.
F. — Le parasitisme.

IV. — Moyens de lutte.

A. — Procédés culturaux.
B. — Lutte chimique.

V. — Résumé et conclusions.

I. — INTRODUCTION

Parmi les insectes pouvant être nuisibles aux cultures de riz en France, *Hydrellia griseola* FALL. avait été signalée en 1951 par P. NEPVEU et J. d'AGUILAR, qui apportaient de premières observations sur sa répartition, sa biologie, et les moyens de lutte applicables.

Cependant J. RISBEC, la même année, dans une étude des Diptères nuisibles au riz de Camargue, signalait aussi *H. griseola* en la considérant comme « certainement inoffensive pour le riz ». Dans une autre étude, le même auteur revenait sur l'insecte qu'il appelait *H. incana* STENH. mais sans apporter de précisions supplémentaires et en le qualifiant d'insecte d'importance très secondaire pour le riz.

Nous avons pensé qu'il était utile d'apporter quelques compléments d'information résultant des observations poursuivies ces dernières années. Nous tenons ici à remercier J. M. HATT qui, pendant le temps qu'il a passé à Avignon comme Agent technique, a pris une part active à ce travail.

II. — RÉPARTITION. DÉGATS

Précisons tout d'abord que l'insecte étudié est bien *Hydrellia griseola* FALL. En 1951 la détermination était restée un peu incertaine en l'absence de mâles capturés. Elle a été confirmée depuis sur des exemplaires des deux sexes que nous avons pu capturer ou obtenir en élevage.

Nous rappelons que *H. griseola* a été signalée à plusieurs reprises comme mineuse des feuilles de céréales dans de nombreux pays du nord de l'Europe et en Russie où elle peut commettre de gros dégâts (jusqu'à 50 p. 100 de destruction des jeunes plants d'orge et d'avoine dans les Provinces Baltes en 1923). Elle a été signalée sur riz en Russie (sur variétés tardives) et en Égypte. Cette mouche attaque d'ailleurs d'autres plantes que les graminées. La plante la plus souvent attaquée paraît être l'orge, comme l'indique le nom de Mouche de l'Orge qui lui a été donné par divers auteurs.

En France, ses dégâts ont été constatés sur riz dans les régions d'Avignon, de Tarascon, d'Arles, d'Albaron, en Camargue, c'est-à-dire partout où le riz est cultivé de façon importante.

Les rizières sont attaquées très tôt, lorsque le riz présente trois ou quatre feuilles au-dessus de l'eau ; mais les dégâts ne sont visibles que plus tard. Les feuilles jaunissent d'abord à l'extrémité, puis entièrement, et restent couchées à la surface de l'eau où elles finissent par se désagréger ; c'est à ce moment que l'ampleur des dégâts peut être notée. Nous avons vu, au mois de juin, sur certaines parcelles, la presque totalité des feuilles détruites. Une telle attaque cause alors un dommage appréciable : le riz doit faire de nouvelles feuilles, il tale peu, et le retard subi se fait sentir pendant toute la végétation ; nous avons pu constater un effet dépressif encore marqué deux mois après l'attaque.

Il nous semble que les dégâts dus à *H. griseola* ont pu être souvent sous-estimés, l'aspect mal venu de certains riz ayant été attribué à de mauvaises conditions de végétation. Il apparaît certain, comme nous le verrons, qu'une végétation retardée du riz favorise l'apparition des dégâts dus à ce Diptère dont la larve ne peut se développer que dans des plantes jeunes et à croissance lente ; ce fait permettra d'ailleurs de dégager quelques indications d'ordre cultural pouvant aider à limiter l'ampleur des attaques.

III. — BIOLOGIE

Si *H. griseola* a été signalée à plusieurs reprises, la bibliographie concernant ce Diptère ne nous apporte que peu d'études concernant sa biologie, ou plus simplement donnant des indications précises sur les modalités et les conditions de son développement. A notre connnaissance, la plu importante de ces études est celle de KREITER, en U.R.S.S., à laquelle il faut ajouter le travail de KÖRTING, en Allemagne, portant sur le développement comparé sur diverses graminées.

A. — Évolution dans la nature.

De l'étude de KREITER on peut tirer les données suivantes, valables pour certaines régions d'U.R.S.S. : durée d'incubation des œufs, cinq à six jours ; évolution larvaire, deux à trois semaines ; pupaison, deux semaines, soit au total cinq à six semaines, ceci pour la première génération qui débute dans le courant du mois de juin. Un second vol a pu être noté de la deuxième quinzaine de juillet jusque fin août, mais ne pondant pas sur céréales cultivées.

En France méridionale, sous un climat plus chaud, l'évolution est à la fois plus précoce, plus rapide et plus complète. On note en effet les premières pontes sur le riz vers le milieu du mois de mai ; les pontes se poursuivent pendant une quinzaine de jours. Les œufs éclosent après deux à trois jours ; l'évolution larvaire se fait en une semaine environ, et la pupaison dure également une semaine, soit au total près de trois semaines de l'œuf à l'imago. Un deuxième vol de mouches commence dans la première quinzaine de juin. Ce vol est bien différencié du premier ; la dissection des premières femelles de ce second vol, et l'obtention de pontes de femelles capturées, nous ont en effet montré qu'elles n'arrivaient à maturité qu'après huit jours de présence dans la rizière. Les insectes de ce second vol pondent à leur tour sur le riz, mais les larves évoluent mal en raison de l'état végétatif plus avancé de la céréale, et les pupes sont peu nombreuses ; l'Insecte doit avoir d'autres possibilités de développement sur des graminées sauvages. Seul donc le premier vol présente un danger pour le riz. Le parasitisme joue d'ailleurs, comme nous le verrons, un rôle important pour diminuer la pullulation de *H. griseola*.

B. — La ponte.

Dans les rizières, les œufs sont trouvés surtout à la surface des feuilles couchées sur l'eau, et plus précisément près de l'endroit où la feuille plonge dans l'eau. Les œufs sont déposés longitudinalement, dans le sens des nervures, isolés ou groupés (jusqu'à 10).

Nous avons placé en bordure de la rizière, au cours du vol de *H. griseola*, des bacs contenant des pieds de céréales (blé, orge, avoine) en nombre égal et au même stade d'évolution (3 feuilles). Nous n'avons recueilli des œufs que sur blé et sur orge.

Au laboratoire, nous avons obtenu des pontes sur blé, orge et avoine lorsqu'il n'y avait pas de choix. Les œufs étaient déposés sur l'une ou l'autre face des feuilles ou sur la tige.

Un essai de compétition entre ces trois céréales en présence de huit imagos nous a donné 25 œufs sur orge, 13 sur blé, et aucun sur avoine, pour des plantes se trouvant au même stade d'évolution. Il semble bien que de ces trois céréales, l'avoine soit la moins favorable à la reproduction de *H. griseola*. KÖRTING a observé par ailleurs que l'évolution larvaire se faisait moins bien sur avoine que sur orge.

Frappés par le fait que, dans les rizières, les œufs étaient trouvés surtout sur les feuilles couchées, nous avons fait une série d'essais sur orge en obligeant artificiellement les feuilles à prendre des inclinaisons de 0, 30, 60, 90 degrés par rapport au sol. Nous avons obtenu les résultats consignés dans le tableau I.

TABLEAU I

Influence de l'inclinaison des feuilles sur la ponte.

Essai n°	Inclinaison par rapport au sol			
	0°	30°	60°	90°
1	22	1	1	0 œufs
2	16	0	0	9
3	30	0	0	0
4	14	0	0	3
5	64	0	0	27

Il apparaît donc une nette préférence pour les feuilles couchées. Nous pensons que ceci peut être mis en relation avec le besoin d'un degré hygrométrique convenable, probablement voisin de 100.

C. — Les œufs.

Ils sont blancs, allongés, de 0,65 mm de long et 0,20 mm de large, finement striés longitudinalement et légèrement ponctués.

L'éclosion se fait à un degré hygrométrique de 100 après une durée d'incubation variant avec la température. Une série d'essais faits à différentes températures nous a donné les indications suivantes :

température 35°C : pas d'éclosion
— 33° : incubation 1 jour 1/2
— 30° : incubation 2 jours
— 25° : incubation 2 jours 1/2

température 20°C : incubation 3 jours 1/2
— 15° : incubation 5 jours
— 11° : incubation 8 jours
— 8°5 : incubation 14 jours.

Ces données suivent assez bien la loi de la constante thermale, et en se référant à la durée d'incubation de 2 jours 1/2 à 25° qui a été la mieux vérifiée dans nos divers essais, nous pouvons calculer le zéro théorique de développement qui serait environ de + 5°C. En pratique dans la nature la durée d'incubation est de 2 à 3 jours.

D. — **Les larves.**

Dès son éclosion la larve pénètre dans la feuille de riz où elle vit en mineuse ; elle trace des galeries longitudinales, visibles extérieurement par leur teinte jaune, et les larves peuvent être repérées comme formant des petites protubérances sensibles au doigt. Les galeries peuvent se prolonger dans la partie immergée des feuilles, et jusqu'à la base.

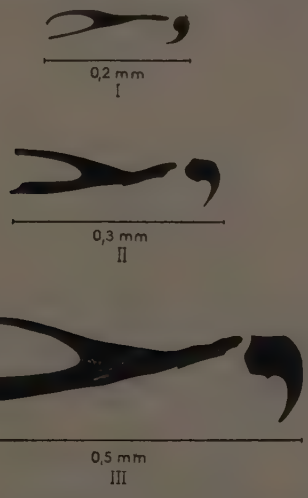


Fig. 1. — Squelette céphalo-pharingien des trois âges larvaires.

Dans les rizières nous avons trouvé jusqu'à neuf larves dans une même feuille, les chiffres les plus fréquents étant une à trois larves. On peut trouver deux ou trois larves dans la même galerie.

Le développement larvaire se fait en trois stades que nous avons pu distinguer grâce à la forme et aux dimensions du squelette céphalo-pharyngien (crochets buccaux soudés en une seule pièce). La larve du premier stade mesure environ 0,7 mm de long, et la larve du troisième

stade, blanche et étroite, mesure environ 3 à 4 mm. La durée du développement larvaire à 25°C a été dans nos élevages de 8 à 10 jours sur orge, et 7 à 8 jours sur riz.

Il est important de remarquer que le développement larvaire dépend étroitement des conditions de végétation de la plante. KREITER remarquait déjà que c'étaient les céréales âgées de 17 à 21 jours qui étaient les plus atteintes. D'autre part dans nos élevages, nous n'avons pas pu obtenir de développement complet des larves dans des plants d'orge ou de riz alimentés par des solutions nutritives ; il est probable que la croissance plus rapide de ces plants a empêché la survie des larves.

E. — Les pupes.

La pupaison se fait dans les galeries larvaires. On constate dans les rizières que les feuilles minées pourrissent rapidement ; certaines tombent au fond de l'eau en entraînant les pupes ; d'autres se désagrègent en libérant les pupes qui flottent à la surface de l'eau. Nous avons cherché à savoir comment se faisait l'éclosion dans ces différentes conditions :

— Des pupes flottant à la surface de l'eau ont éclos normalement ;

— des pupes maintenues sous l'eau pendant 12 jours n'ont pas éclos ; remises en surface elles ont donné quelques éclosions (4 mouches pour 20 pupes), les autres pupes ne contenant que des mouches ou des parasites morts ;

— des feuilles contenant des pupes, maintenues sous l'eau pendant 7 jours n'ont donné aucune éclosion ; remises en surface elles ont donné quelques éclosions de parasites (7 pour 30 pupes) mais aucune mouche.

Il semble donc que les pupes pour éclore doivent rester à la surface de l'eau ; les mouches sortent alors normalement.

Les durées de pupaison suivantes ont été observées : 6 jours à 30°C, 7 jours à 25°C, 9 jours à 20°C et 15 jours à 11°C.

F. — Le parasitisme.

H. griseola est parasitée par 3 Hyménoptères Braconides : *Opius punctiventris* THOMSON, déjà signalé par RISBEC, *Chaenusa conjungens* NEES, signalé par RIMSKY-KORSAKOV en Russie et par RISBEC en France, et *Ademon decrescens* NEES, signalé par NEPVEU en France et par THIENEMAN. Ce dernier parasite, bien que rare, a été obtenu à plusieurs reprises en 1953 et 1954.

En 1955, de 115 pupes de *H. griseola* de première génération sur riz, nous avons obtenu 22 éclosions de mouches et 82 éclosions de parasites, ce qui représente un taux de parasitisme de 71 p. 100, assez consi-

dérable. Le parasite de beaucoup le plus abondant est *Opius punctiventris*. Nous avons également retrouvé un hyperparasite, *Chrysocharis* sp. Hyménoptère Chalcidien déjà signalé par RISBEC, attaquant plus de 10 p. 100 des pupes parasitées.

Nous voyons donc que le parasitisme doit jouer un rôle très important dans la limitation de pullulation de *H. griseola* en deuxième génération.

Il semble que la ponte des Braconides se fasse dans les larves avant la pupaison. Citons à ce propos une observation assez curieuse sur le comportement de ces parasites ; à plusieurs reprises nous avons pu voir un parasite prospectant une feuille à la recherche d'une galerie larvaire ; la galerie une fois trouvée était suivie jusqu'à ce que la larve soit localisée, après quoi la piqûre de ponte était effectuée. Or il arrivait que la galerie larvaire se continue sous l'eau ; dans ce cas nous avons pu voir plusieurs fois le parasite continuer sa prospection en pénétrant dans l'eau le long de la feuille jusqu'à quelques centimètres de profondeur, la piqûre de ponte pouvant se faire sous l'eau ; le changement de milieu pourtant marqué ne semblait pas troubler le comportement de l'insecte alors soumis au stimulus très exclusif qu'était la présence possible de son hôte.

IV. — MOYENS DE LUTTE

A. — Procédés culturaux.

Nous avons vu que *H. griseola* ne se développe bien que sur du riz jeune, lorsque les plants ont 3 feuilles au-dessus de l'eau. Nous avons vu également que lorsque la croissance de la plante est rapide, notamment accélérée par une alimentation riche, le développement des larves ne peut se poursuivre jusqu'à la formation de la pupe. En fait, dans les rizières, les dégâts apparaissent lorsque le riz est encore jeune, peu vigoureux, et particulièrement si sa croissance est ralentie par des circonstances défavorables ; sur un riz en mauvais état de végétation, l'attaque de *H. griseola* accentuera encore cet aspect, et rendra plus difficile une bonne reprise.

Pour éviter les dégâts de l'Insecte, il y aura donc intérêt à diminuer la période critique de végétation du riz et à éviter l'affaiblissement passager de la plante. Ceci sera obtenu par une préparation du sol et un semis corrects, une fertilisation suffisante et une alimentation en eau présentant une température suffisante pour ne pas retarder la végétation. Cette influence de la vigueur végétative d'une plante cultivée pour sa résistance

FIG. 2. — Dégâts sur un coin de rizière.

FIG. 3. — Détail d'une attaque en rizière. Toutes les feuilles de teinte claire sont attaquées.

à un ravageur endophyte est d'ailleurs un phénomène assez général ; nous en retrouvons un exemple dans les mêmes régions dans la résistance possible des maïs aux attaques des Sésamies.

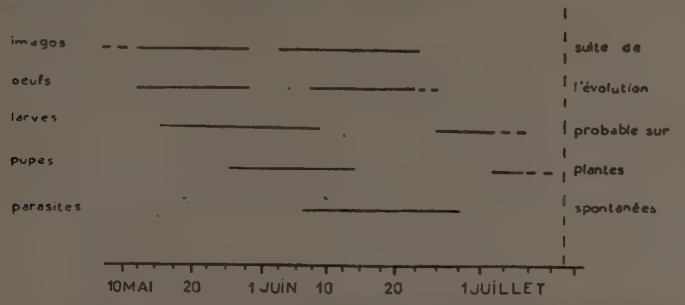


FIG. 4. — Stades d'évolution de *H. grisolea* constatés sur riz dans la région d'Avignon en 1955.

B. — Lutte chimique.

Une lutte directe pourrait être envisagée dans le cas de rizières affaiblies, soit accidentellement, soit par suite de conditions agronomiques défavorables (salinité trop élevée par exemple) . Dans ce cas on asséchera la rizière durant 2 à 4 jours (suivant la salinité du sol) et au moment de la remise en eau, on ajoutera un insecticide à base de DDT assez concentré, en maintenant le niveau de l'eau assez élevé pendant quelques jours. Un tel traitement devrait être effectué préventivement, avant les pontes du premier vol, c'est-à-dire vers le milieu du mois de mai et en tenant compte de l'état végétatif du riz. Un traitement dirigé contre le second vol ne paraît pas nécessaire, étant donné le peu d'importance de celui-ci, pour les raisons que nous avons exposées.

V. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Hydrellia griseola FALL. se trouve communément dans les rizières des régions méridionales de France. La larve vit en mineuse des feuilles, et des dégâts sensibles peuvent être enregistrés sur des riz jeunes et à croissance retardée par des conditions défavorables.

Deux générations se succèdent sur le riz. La première débute avec l'arrivée des mouches vers le milieu du mois de mai et se développe comme suit : durée d'incubation des œufs, 2 à 3 jours, évolution larvaire, une semaine, pupaison, une semaine, soit au total près de 3 semaines. La deuxième génération, fortement réduite par un parasitisme important, se développe peu sur un riz déjà plus vigoureux.

Les œufs sont déposés surtout sur les feuilles couchées sur l'eau.

La durée d'incubation à diverses températures est précisée. Trois stades larvaires sont distingués. Le développement larvaire complet est rendu impossible par une croissance rapide de la plante. Les pupes se forment dans les galeries larvaires ; libérées par la décomposition de la feuille, elles flottent à la surface de l'eau où les mouches éclosent normalement.

Les pupes sont parasitées par 3 Hyménoptères Braconides, le taux de parasitisme pouvant atteindre 71 p. 100. Un Chalcidien hyperparasite a été récolté.

La meilleure défense contre les dégâts possibles de *H. griseola* consiste à maintenir le riz dans un bon état végétatif à croissance rapide. Si des circonstances défavorables font craindre une attaque, on peut envisager un traitement insecticide au début du premier vol.

Reçu pour publication le 6 janvier 1956.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BALACHOWSKY (A.) et MESNIL (L.) 1934. — Les insectes nuisibles aux plantes cultivées, pp. 926-930.

ENGEL'HART (V.) 1935. — Diptères nuisibles aux céréales dans la Province de l'Est (en russe). *Plant. Prot.*, **11**, 154, Leningrad.

KÖRTING (A.) 1931. — Ueber die Entwicklung der grauen Gerstenminierfliege (*Hydrellia griseola* Fall.) bei verschiedener Ernährung. *Pfl. Krankh.*, **7**, 321-333.

KREITER (E. A.) 1927. — Contribution à la biologie de la Mouche de l'Orge *Hydrellia griseola* Fall. (en russe). (*Rep. Bur. Appl. Ent.*, **3** (1), 92-98, Leningrad.)

MESNIL (L.) 1931. — Récoltes de Muscides nuisibles aux céréales. (*Rev. Path. Vég. Ent. Agr.*, **18** (8-9), 266-274.)

NEPVEU (P.) et d'AGUILAR (J.) 1951. — Un nouveau ravageur du riz en Camargue. (*C. R. Acad. Agr. France*, **37**, 463-465.)

RIMSKY-KORSAKOV (M.) 1917. — Observations biologiques sur des hyménoptères aquatiques. (*Revue russe Ent.*, **16** (3-4), 209-225.)

RISBEC (J.) 1951. — Les insectes nuisibles au riz de Camargue au début de son développement. (*Rev. Path. Veg. Ent. Agr.*, **30** (4), 211-227.)

RISBEC (J.) 1951. — Les insectes nuisibles au riz dans le midi de la France. (*Phytoma*, **32**, 11-17.)

WILKE (S.) 1924. — Die graue gerschtenminier Fliege *Hydrellia griseola* Fall. (Dipt. Ephydr.). (*Deutsche Ent. Zeitschr.* **2**, 172-178.)

WILLCOKS (F. C.) 1925. — The insects and related pests of Egypt., **2**, 339-341.

OBSERVATIONS SUR *MELOLONTHA HIPPOCASTANI* F.

PAR

A. COUTURIER et P. ROBERT (1)

Station de Zoologie agricole,
Centre de Recherches agronomiques d'Alsace, Colmar.

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Éthologie des adultes en 1954 dans le nord de l'Alsace.
Les sorties de terre.
L'activité crépusculaire.
a) Les vols préalimentaires.
b) L'activité autour des arbres.
c) Les vols de ponte.
Facteurs déterminant la reprise d'activité crépusculaire.

II. — Influence de la nature du sol.

III. — Durée du cycle.

IV. — Conclusions.

Melolontha hippocastani F. est signalé dans toute la France septentrionale et centrale (SAINTE-CLAIRE-DEVILLE 1935-1938) (9) mais les foyers de l'insecte sont peu connus. Un de ceux-ci a été décrit en Côte-d'Or dans les prairies de la vallée de la Tille, où *M. hippocastani* se trouvait en mélange avec *M. melolontha* (A. COUTURIER 1952) ; un autre a été observé dans la vallée du Rhône, près de Lyon (SCHAEFER 1947) (10). NEU (1938) (8) a étudié en Allemagne un foyer commun à ces deux espèces, qui s'étendait en terrain découvert (prairies, vergers) au sud de Darmstadt. De telles populations mixtes ont été aussi trouvées en Suisse par F. SCHNEIDER (1952) (11). Les forestiers allemands considèrent *M. hippocastani* comme un ravageur important des forêts de pins dans les régions sablonneuses et sèches de la Prusse et du Neumark, ainsi que des forêts du Palatinat (Bienwald) et de la plaine du Rhin (WEBER 1940) (14). D'après SCHWERDTFEGER (1944), il se développe presque uniquement à l'intérieur des forêts (« Waldmaikäfer » : Hanneton forestier, par opposition à « Feldmaikäfer » : Hanneton des champs).

(1) Avec la collaboration technique de F. ANTOINE et P. BLAISINGER, que nous tenons à remercier pour le dévouement et l'activité dont ils ont fait preuve au cours de la réalisation de ce travail.

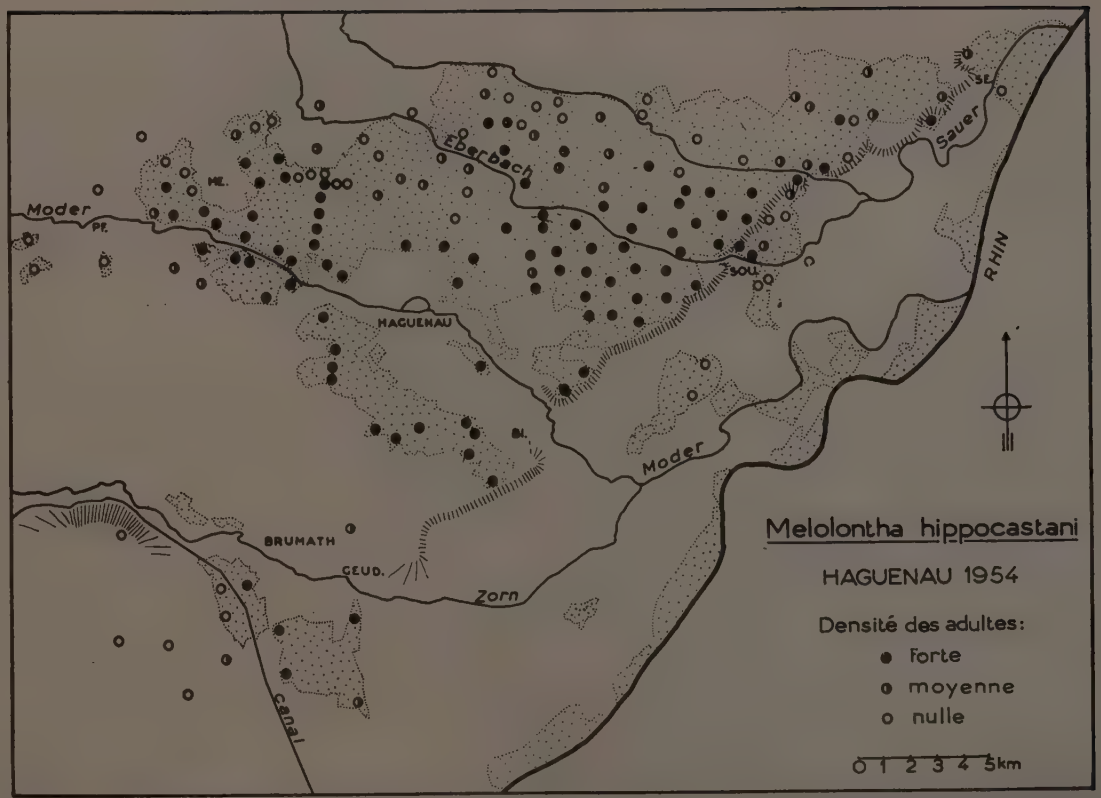


FIG. 1. — Le foyer essentiellement forestier s'étend sur la grande forêt de Haguenau et sur deux petits bois au sud près de Brumath. La carte des densités de l'insecte donne une bonne image de la répartition des sols en forêt. Les fortes concentrations se situent sur les sables perméables et secs, les densités moyennes sur les terres légères plus ou moins humides. L'absence d'insectes reflète des sols humides ou argileux.
(GEUD : Geudertheim ; BI : Bischwiller ; SOU : Soufflenheim ; SE : Seltz ; PF : Pfaffenheim ; ME: Mertzwiller).

Au printemps 1954 une forte population est apparue dans les forêts de plaine de la région de Haguenau, dans le nord de l'Alsace. En 1951 et 1952 de gros dégâts de Vers blancs avaient été observés dans les pépinières et les jeunes semis par les Services des Eaux et Forêts (1). Quelques sondages effectués en automne 1954 avaient montré un nombre très élevé d'adultes dans le sol, jusqu'à 10 à 12 au m². L'étude des vols au printemps 1954 a permis de préciser certaines caractéristiques de cette espèce nuisible encore peu étudiée.

I. — ÉTHOLOGIE DES ADULTES EN 1954 DANS LE NORD DE L'ALSACE

Le foyer du nord de l'Alsace est essentiellement forestier ; il comprend la grande forêt de Haguenau (13 000 ha) qui croît sur le cône alluvial de la Moder et deux bois plus petits au sud, près de Brumath (cf. fig. 1) sur le cône alluvial de la Zorn.

FIG. 2. — Peuplement typique de la forêt de Haguenau : futaie de pins sylvestres, de chênes et de hêtres, révolution de 150 ans (quelques filets de capture forment des taches blanches visibles au second plan à gauche). (Photo A. COUTURIER).

Les sols de la forêt de Haguenau sont composés de dépôts pliocènes (sables et galets de Riedzeltz) et d'alluvions anciennes quaternaires. Ces deux formations sont constituées surtout de sables vosgiens d'une couleur orange, ou décolorés, et d'argile kaolinique. Elles forment vers l'est une terrasse qui domine la vallée actuelle du Rhin par un abrupt de 10 à 20 m. Les sables purs se rencontrent en masses épaisses dans toute la partie sud et sud-est. En s'éloignant vers le nord, ils sont mélangés à de

(1) Nous adressons tous nos remerciements à M. LEROY, Ingénieur des Eaux et Forêts, qui a grandement facilité cette étude en nous faisant part de ses observations, en permettant aux Agents techniques de ses Services de collaborer à nos travaux et en mettant à notre disposition un local situé en pleine forêt, à proximité des foyers à Hannetons.

l'argile, ou bien ils sont absents et le sol argileux apparaît en surface. Cette différence de terrain est nettement marquée par les diverses essences du peuplement forestier. Sur les sables croissent (fig. 2) les pins sylvestres en mélange avec quelques feuillus, surtout hêtres et chênes. Les sols les plus compacts portent des forêts de chênes.

Les deux petits bois de Brumath reposent sur des alluvions anciennes apportées par la Zorn, la nature des sols est voisine de celle de la forêt de Haguenau.

Les sorties de terre.

Les sorties ont été suivies à l'aide de filets à mailles fines (7 × 7 mm), identiques à ceux utilisés pour arrêter les envols du Hanneton commun. Trois groupes de 4 filets de 15 m² chacun ont été installés : l'un dans une

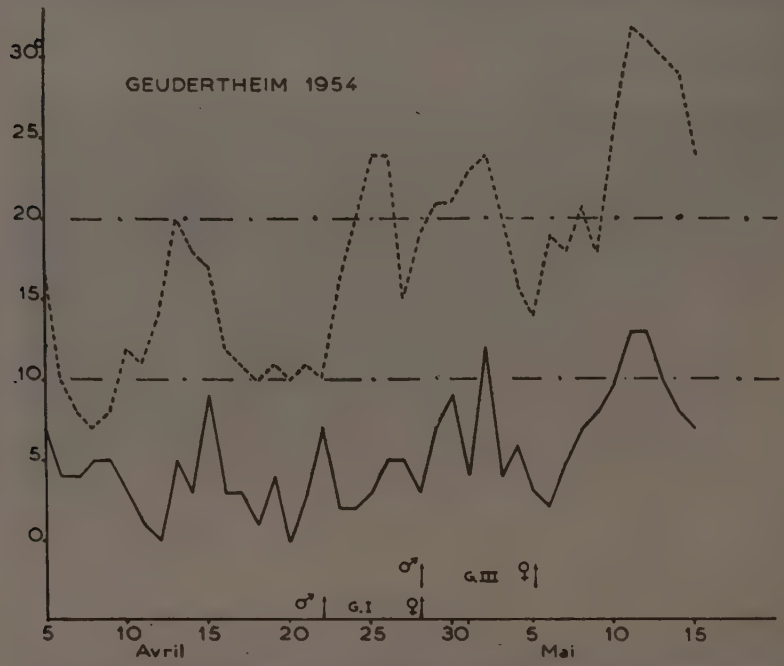


FIG. 3. — Températures prises sous abri à 2 mètres du sol à Geudertheim près de Haguenau (maxima en pointillé, minima en trait plein). *Communiquées par le Service de la Protection des Végétaux de Strasbourg.*

clairière (1) (groupe I), les deux autres sous bois dans des peuplements âgés (groupes II et III). Les relevés effectués chaque jour avant 9 h du matin permettaient de dénombrer les insectes sortis la veille.

(1) Coupe rase au cours de l'hiver 1952-53. Il s'agissait d'un peuplement mélangé de pins sylvestres (2/3) et de chênes (1/3) avec quelques hêtres, de 145 à 150 ans. Le pin sylvestre est indigène en forêt de Haguenau où il constitue l'unique localité naturelle de plaine pour la France.

Les groupes I et III ont donné un grand nombre d'insectes (cf. tabl.). En I, 777 bêtes ont été recueillies sur 60 m², soit 13 individus au m² ; les sexes sont représentés en quantité égale : 49,5 p. 100 de mâles et 50,5 p.100 de femelles. Le III a fourni 655 Coléoptères (11 au m²) avec une prédominance de femelles : 62 p. 100.

Le mois d'avril 1954 a été caractérisé par une première période assez chaude, mais trop courte, au cours de laquelle il a été observé sous abri à

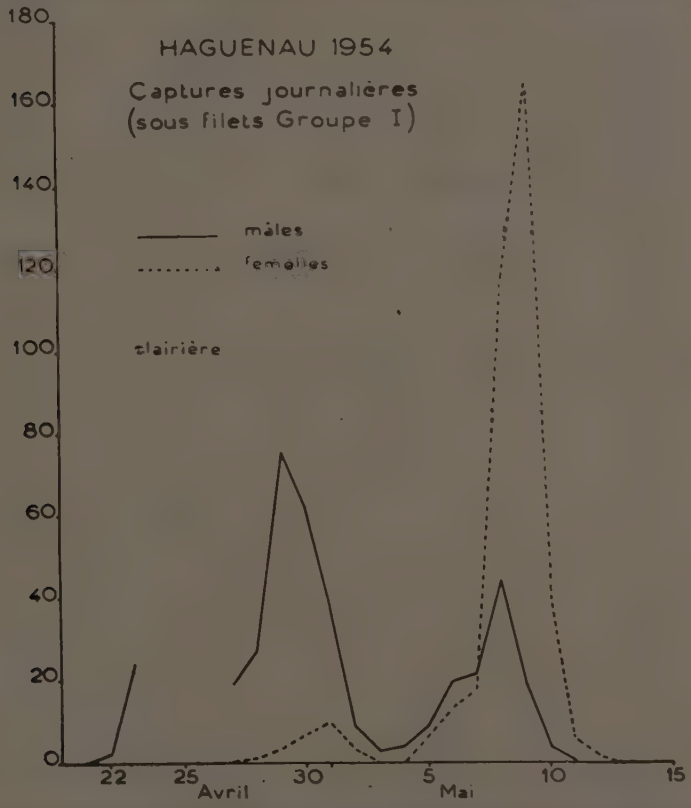


FIG. 4. — En terrain déboisé les sorties de terre ont commencé dès le 22 avril. Les mâles sont plu précoces que les femelles.

2 m un maximum de 20° (fig. 3) (1). Les sorties ont commencé le 22 avril dans la *parcelle déboisée* (groupe I), au début d'un nouveau réchauffement. Les mâles ont été récoltés seuls jusqu'au 27, ils sont sortis en grand nombre du 26 avril au 1er mai. Après un ralentissement dû à un refroidissement atmosphérique, un nouveau maximum a été noté du 7 au 9 mai.

(1) Nous remercions le Service de la Protection des Végétaux de Strasbourg qui a eu l'obligeance de nous communiquer ses observations relevées par M. ULRICH, Chef de poste à Geudertheim.

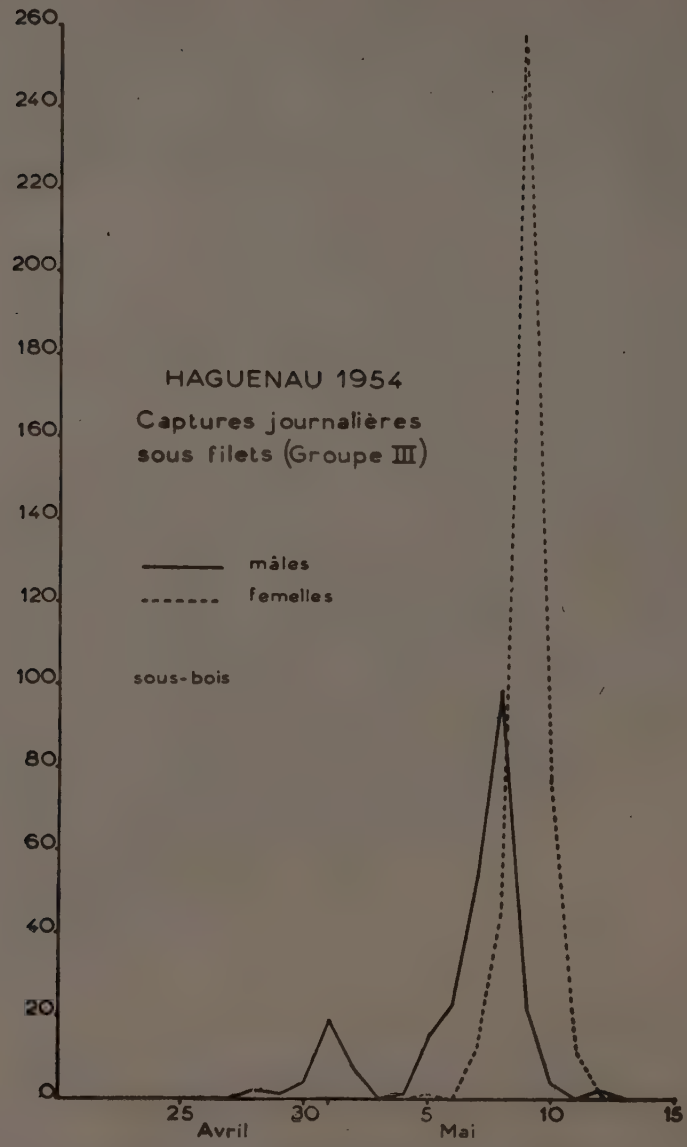


FIG. 5. — En terrain boisé les sorties ont débuté plus tard que dans les clairières. Les femelles sont aussi apparues six jours après les mâles.

La première femelle a été retenue le 28 avril ; les sorties des mères se sont poursuivies lentement jusqu'au 7 mai. Puis brusquement du 7 au 11, elles sont apparues en masse, et rapidement le sol a été vidé ; à partir du 12 aucun insecte n'a été observé (fig. 4).

Les filets du groupe II, placés sous bois, ont seulement donné un total de 19 insectes (9 mâles et 10 femelles) du 6 au 13 mai. Ce résultat est trop faible pour pouvoir en tirer des indications. Par contre le groupe

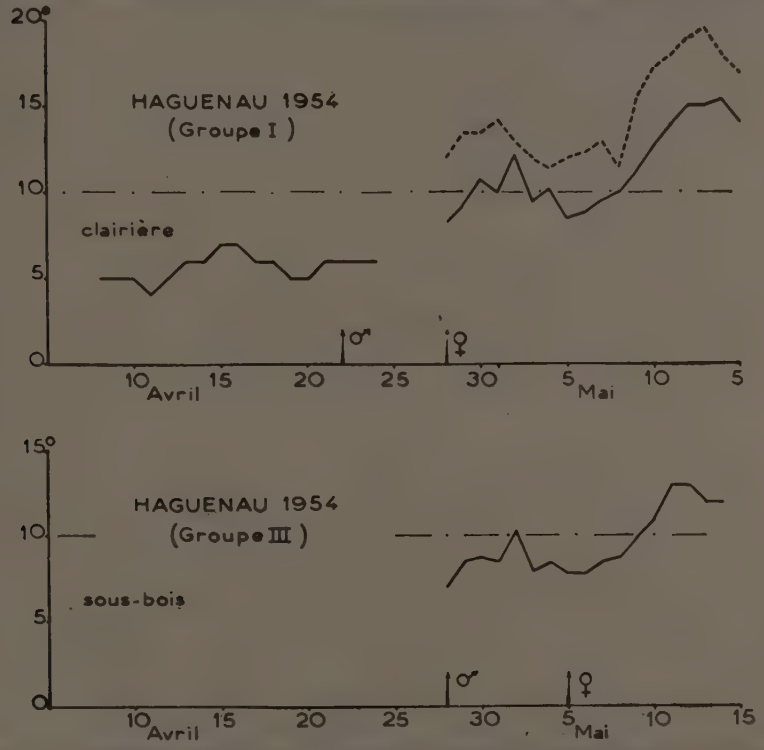


Fig. 6. — Températures du sol à 10 cm. de profondeur, à proximité des filets, en deux sites de la forêt de Haguenau (relevés à 9 h. en trait plein, relevés à 19 h. en pointillé).

III, également *sous bois*, a fourni un grand nombre d'adultes. Les premiers Hannetons ont été capturés le 28 avril. Jusqu'au 4 mai seuls des mâles ont été arrêtés, ils ont continué ensuite jusqu'au 11 mai avec un maximum du 6 au 9. La première femelle est apparue le 5 et la remontée a été alors très rapide. La totalité des mères est sortie du 7 au 11, avec une forte pointe le 9 mai (fig. 5).

Les mâles quittent le sol plusieurs jours avant les femelles, mais les envols se sont échelonnés durant 15 à 19 jours.

Dans le sous-bois les mères sont sorties très rapidement, en 8 jours

seulement. En sol découvert elles se sont envolées pendant 16 jours, mais seulement 10 p. 100 sont apparus pendant les 8 premiers jours. Les 90 p. 100 restants se sont échappés du sol en même temps que celles du sous-bois (du 6 au 12).

En 1954 l'ombrage des arbres a retardé les départs, mais n'a pas eu une influence sensible sur l'envol des femelles.

Chez *M. melolontha* les mâles, qui sortent en grand nombre les premiers, sont suivis de près par les femelles.

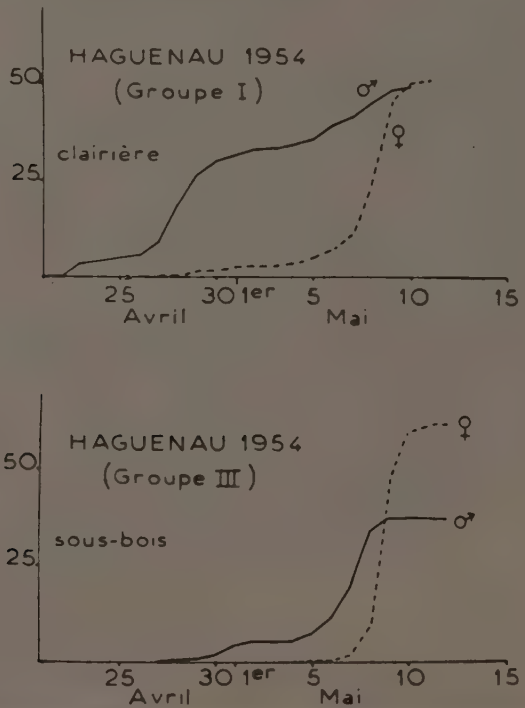


FIG. 7. — *M. hippocastani.* — Courbes cumulatives des sorties journalières de chaque sexe (ramenées à une population totale de 100 individus).

En 1954, il a été observé à Haguenau chez *M. hippocastani* un décalage sensible entre les départs des deux sexes. Dans les deux groupes de filets ils sont apparus avec une avance de 6 jours, ils se sont activés à une *température de 2° inférieure à celle des femelles.* Les premiers départs des mâles se sont déclenchés lorsque le sol à 10 cm de profondeur se maintenait au-dessus de 7° (relevés effectués le matin à 9 h) ; les femelles, au contraire, ont attendu un terrain réchauffé jusqu'à 9-10°, température voisine de celle exigée par le Hanneton commun (fig. 6). Les courbes cumulatives des sorties journalières de chaque sexe, ramenées à une popu-

TABLEAU I

Sorties sous filets de Melolontha hippocastani

Groupe	Mâles	Femelles	Total	Moyenne au m²	% des mâles	% des femelles
I	384	393	777	13	49,5 %	50,5 %
III	249	406	655	11	38 %	62 %

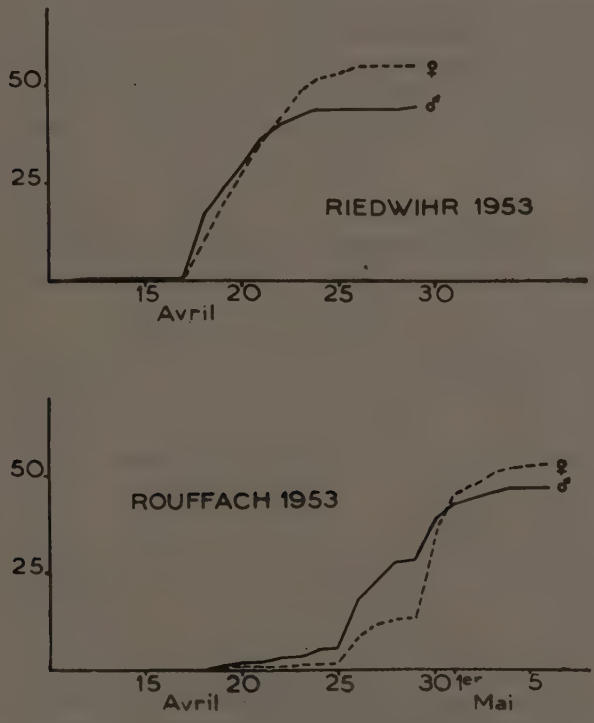


FIG. 8. — *M. melolontha*. — Courbes cumulatives des sorties journalières de chaque sexe (ramenées à une population totale de 100 individus).

lation totale de 100 individus (fig. 7 et 8), donnent une idée exacte des écarts résultant des différents seuils thermiques de chaque espèce.

L'échauffement du sol a été plus rapide en clairière, une différence de 2° se remarque à — 10 cm entre les groupes I et III, aussi les premiers mâles sont sortis sous bois le 28 avril, en même temps que les femelles en terrain découvert (fig. 6).

L'activité crépusculaire.

Comme *M. melolontha* c'est au crépuscule que les Hannetons forestiers manifestent la plus grande activité.

On peut distinguer :

a) les vols préalimentaires des insectes qui quittent le sol et vont à la recherche des arbres-hôtes,

b) les vols de recherches autour de la cime des arbres,

c) les vols de ponte.

a) **Les vols préalimentaires.** — Les sorties hors du sol commençaient le soir vers 19 h 30 au début de la période de vol (pendant les derniers jours d'avril), puis, au fur et à mesure que les jours s'allongeaient, l'heure des envols a été reculée jusqu'à 19 h 45. Les départs des femelles ayant déposé une première série d'œufs (à partir du 17 mai) s'effectuaient vers 19 h 50.

On sait que *M. melolontha* commence à s'animer lorsque l'intensité lumineuse diminue et devient plus petite qu'une certaine valeur, soit au crépuscule, soit dans des conditions artificielles. Il quitte le sol pour des éclairements inférieurs à 50 lux (4, 12, etc.).

A Haguenau les premiers envols du Hanneton forestier se produisaient à des éclairements plus forts qui variaient de 200 à 800 lux. Mais le maximum des départs s'effectuait pour des intensités lumineuses plus faibles de 130 à 80 lux. Des Hannetons quittaient encore le sol lorsque le luxmètre n'était plus impressionné. Ainsi, *M. hippocastani* prend chaque soir son essor plus tôt que le Hanneton commun ; NEU (8) et SCHNEIDER (12) ont déjà constaté qu'il volait 10 à 20 minutes avant.

Cependant, l'intensité lumineuse ne semble pas le seul facteur déterminant ; à Haguenau les départs du sol avaient lieu en même temps dans les parcelles dénudées et sous les futaies bien que la luminosité diminuât plus rapidement à l'intérieur du bois que dans les clairières.

Les jours où le ciel est dégagé, clair, les premiers envols se produisent à des intensités plus grandes, 800 lux le 7 mai à 12° par ciel clair ; 700 lux le 9 à 19°6. Par contre, lorsque la nébulosité est forte, les envols se produisent à un éclairement moindre : à 350 lux le 8, à 12° pour une nébulosité de 8/10^{e} ; à 200 lux le 28 avril, à 13° par ciel nuageux.

Au sortir du sol les insectes décrivent des spires irrégulières de rayons de plus en plus grands, ils s'élèvent ainsi peu à peu. S'ils sont éloignés des arbres de 100 à 200 m (centre d'une parcelle déboisée), ils partent ensuite en zigzags, mais ils n'adoptent pas tous la même direction comme le fait *M. melolontha* (vers le point de forêt qui est vu sous le plus grand angle, SCHNEIDER (12). Lorsque les Hannetons quittent le sol à proximité d'une lisière, ils effectuent de nombreux orbes à direction mal définie qui les

éloignent souvent du bois, pour y revenir ensuite. En forêt les Coléoptères montent en tournant pour atteindre les cimes.

Dans les foyers de plaine *M. hippocastani* se dirige vers les buissons et les arbres les plus proches (3, 8 et 11) il, s'éloigne ainsi peu de son lieu d'origine.

b) **L'activité autour des arbres.** — En forêt les femelles se posent sur les rameaux des arbres qu'ils soient déjà débourrés (hêtres, charmes) ou non (chênes) ; elles restent alors immobiles.

Les mâles, au contraire, sont très actifs ; ils volent autour des feuillus à la recherche d'une partenaire. Chaque individu a un vol tout à fait désordonné, inspectant branche après branche, puis passant à un autre arbre ; il délaisse les résineux sur lesquels les femelles ne se fixent pas. Cette activité de recherches provoque un *bourdonnement caractéristique* autour des cimes ; elle se prolonge 15 à 30 minutes après la fin des sorties de terre. Tous les mâles ne participent pas à cette animation, un certain nombre restent immobiles sur les branches.

Lorsqu'un mâle rencontre une compagne, il se pose sur son dos et essaye aussitôt d'introduire son penis. La copulation a généralement lieu immédiatement, mais quelquefois le mâle ne réussit à s'accoupler qu'après 3 ou 4 tentatives. Une fois le penis entièrement enfoncé, rapidement le mâle se renverse en arrière et se laisse pendre à l'abdomen de la femelle, de la même façon que chez *M. melolontha*. Il reste alors immobile, cependant que la femelle peut effectuer de courts déplacements. Souvent plusieurs mâles s'empressent autour des couples déjà unis, pendant que des femelles en attente restent négligées.

A la fin de l'activité crépusculaire les paires restent solidaires. Les individus qui n'ont pas trouvé de compagne se posent sur les feuilles et les rameaux.

L'accouplement est de courte durée. Des couples observés dans la soirée du 1er mai étaient séparés le lendemain matin à 6 h. Les deux partenaires étaient restés l'un près de l'autre. Certaines paires formées le 6 mai au soir, étaient encore unies le 7 à 9 h du matin. Il est rare de trouver des couples dans la journée, un seul a été observé au courant de l'après-midi.

Dans une coupe de 100 m de large et de 300 m de long, orientée est-ouest dans sa plus grande longueur, des *M. hippocastani* quittaient en assez grand nombre le soir la bordure sud et se dirigeaient régulièrement vers la limite nord. Dans ce cas ils ne recherchaient jamais leur direction, mais partaient de suite en face.

M. hippocastani s'alimente sur diverses espèces de feuillus. En forêt de Haguenau les insectes ont attaqué au début du vol les hêtres et les charmes qui étaient déjà feuillés. Ils se sont portés ensuite sur les chênes lorsque ceux-ci ont débourré vers le 10 mai.

En élevage il peut se nourrir sur saule Marsault, bouleau, mais il ne mange pas les aiguilles de pin.

c) **Les vols de ponte.** — Au cours des vols de ponte, dans un foyer de prairie en Allemagne, NEU n'a pas pu observer une direction générale de vol, alors que dans le même secteur les *M. melolontha* présentaient une direction opposée à celle du vol préalimentaire. Dans des conditions voisines SCHNEIDER (11) a pu vérifier les mêmes faits. D'après ce dernier auteur le développement des ovaires de *M. hippocastani* est plus rapide que chez l'autre espèce, dans une localité la différence était environ d'une semaine.

A Haguenau les premières pondeuses ont été observées en petit nombre les 11 et 12 mai, soit 13 jours après l'apparition des premières femelles ; mais il faut tenir compte du refroidissement survenu du 4 au 7 qui a retardé l'évolution. Les gros vols se sont produits les 15 et 16, ils se rapportent probablement aux fortes sorties observées les 8 et 9 mai, ce qui porterait à *une semaine* la durée de formation des œufs.

Les vols importants ont eu lieu par temps chaud, ciel dégagé ou partiellement couvert. Les mères pleines prenaient leur envol pour des intensités lumineuses assez élevées de 300 à 450 lux, c'est-à-dire un peu plus tôt que *M. melolontha*. Le 17 mai le ciel était totalement couvert avec une température de 14°3 ; le nombre des pondeuses en vol a été insignifiant, de même que l'activité des insectes autour des cimes. Cependant quelques femelles sont sorties du sol, après avoir effectué leur première ponte. Le 19, par ciel couvert et une température de 9°6, aucune pondeuse n'a pris son envol, il n'y a pas eu d'animation des mâles autour des arbres ; un certain nombre d'insectes sont cependant sortis du sol après avoir pondu. Le 24 mai par ciel elair, $t = 12°$, le vol des pondeuses a été important.

Il est difficile de suivre les femelles au départ des arbres. En forêt, arrivées à 1 ou 2 m du sol, elles se déplacent assez vite en décrivant des trajectoires irrégulières. Ensuite elles descendent à 50-60 cm et volent plus lentement, en faisant des détours, à la recherche d'un emplacement favorable. Puis elles se laissent tomber à terre et cherchent à s'enterrer aussitôt.

Les femelles se posent dans tous les terrains, dans les clairières en sol enherbé ou non, en forêt dans des massifs de myrtilles et sur le tapis de feuilles ; certaines même s'arrêtent sur les chemins et gagnent les bas-côtés à la marche.

L'activité la plus importante des *M. hippocastani* se déroule au crépuscule. Mais dans la journée ils quittent aussi le sol et s'envolent vers les arbres. Un seul accouplement a été observé durant l'après-midi.

Facteurs déterminant la reprise d'activité crépusculaire.

Comme nous l'avons signalé ci-dessus, lors des envols préalimentaires, le début de l'activité a lieu simultanément dans le sous-bois et dans les clairières, or la luminosité baisse plus rapidement sous les futaies qu'en sol dénudé. Une mesure effectuée le 9 mai indiquait, à 19 h 25, 700 lux en clairière et 250 à 400 lux sous les arbres. En outre lorsque le ciel est dégagé, les envols commencent pour des luminosités élevées : 800 lux le 7 mai pour $t = 12°$, ciel clair ; 700 lux le 9 mai pour $t = 19°$, ciel clair. Par contre, lorsque la nébulosité est forte, les départs ont lieu pour des intensités lumineuses plus faibles : 200 lux le 28 avril à 13°, ciel nuageux ; 350 lux le 8 mai à 12°, nébulosité 8/10e.

De même pour les vols de ponte nous avons constaté l'influence de l'état du ciel. Des nébulosités de 10/10e, avec des températures de 14° (17. V.) et de 9°6 (19. V.) ont empêché l'envol des pondeuses, comme des mâles à la cime des arbres. Par contre le 24, par ciel clair à 12°, le vol a été important.

Ces observations semblent montrer que ce ne serait pas uniquement la diminution de l'intensité lumineuse qui déclencherait les envols, mais en outre des différences dans la composition de la lumière. Au crépuscule celle-ci s'enrichirait en certaines radiations qui seraient arrêtées par les nuages. Or, lorsque le soleil descend et disparaît à l'horizon, le degré de polarisation (1) de la lumière naturelle augmente beaucoup (DUMONT) (6).

D'après H. AUTRUM et H. STUMPF (1), les insectes se montrent plus sensibles à la lumière polarisée qu'à la lumière ordinaire. Nous pensons (4 et 5) que cette faculté donne aux femelles pondeuses de l'espèce voisine (*M. melolontha*) la possibilité, au cours des vols crépusculaires, de retrouver leur ligne de vol indépendamment de l'aspect des lieux et de se maintenir dans la même direction en dehors de tout autre repère extérieur.

M. hippocastani perçoit très certainement la lumière polarisée diffusée par le ciel et les insectes s'envoleraient seulement à partir d'une certaine valeur du *degré de polarisation* qui jouerait le rôle de *seuil*. Avec un ciel dégagé cette valeur limite est déjà atteinte pour des intensités lumineuses relativement fortes. Au contraire, lorsque le temps est couvert,

(1) D'après SIMON G. et DOGNON A., p. 943 (*Précis de Physique*, 3e édit., 1163 p., Paris 1946), si on reçoit un faisceau de lumière partiellement polarisé sur un analyseur, on observe, en faisant tourner un spath, une tache lumineuse dont la brillance passe par un maximum et par un minimum pour des positions rectangulaires de l'analyseur ; soient I_M et I_m les flux maximum et minimum qui émergent de l'analyseur, on caractérise le degré de polarisation du faisceau par l'expression :

$$P = \frac{I_M - I_m}{I_M + I_m}$$

qui varie de 0 à 1 lorsque l'on passe d'une lumière non polarisée ($I_m = I_M$) à une lumière polarisée rectilignement ($I_m = 0$).

les nuages dépolarisent partiellement la lumière (von FRISCH) (7) et le degré de polarisation nécessaire se réalise sous un plus faible éclairement.

La lumière du sous-bois, quoique tamisée par les arbres, reste de même nature qu'en terrain découvert, *le degré de polarisation conserverait la même valeur dans les deux sites et provoquerait le départ simultané des insectes en forêt et dans les clairières.*

II. — INFLUENCE DE LA NATURE DU SOL

Une prospection détaillée de la forêt a été commencée à partir du 5 mai. En chaque point la présence des adultes de *M. hippocastani* était recherchée, soit en secouant les feuillus les plus accessibles, soit en examinant les cimes avec des jumelles, en étendant les recherches à un secteur assez grand, surtout lorsque aucune bête n'était décelée. Le sol était fouillé au moyen d'une sonde sommaire pour en connaître la nature jusqu'à 30-40 cm. Tous les relevés ont été faits par la même équipe, ce qui permet d'accorder une valeur comparable aux divers résultats. Les Hannetons forestiers s'éloignent peu de leur lieu d'origine, aussi la densité des adultes donne une image assez juste de la répartition des larves (fig. 1).

Dans toute la partie sud et sud-est de la grande forêt de Haguenau, sur les deux rives de la Moder et le long de la terrasse rhénane, les sables forment des bancs épais de plusieurs mètres, bien drainés ; le pin y domine. Dans toute cette zone *M. hippocastani* abonde. Les feuillus y ont été fortement endommagés.

En s'éloignant vers le nord l'épaisseur des sables diminue, ils sont mélangés avec de l'argile, le plan d'eau remonte. Les pins cèdent la place à des peuplements de chênes, ou plus rarement de hêtres, de frênes et de charmes. Sur les terrains sablonneux ou peu compacts et à nappe phréatique assez profonde (50-60 cm) les Hannetons sont encore présents mais peu nombreux. Dès que l'argile domine, ou que le niveau de l'eau remonte les insectes disparaissent.

Ainsi le long de la route de Wissembourg, à l'entrée de la forêt, le Coléoptère avait occasionné des dégâts, puis il était absent sur 2 km où le sol argileux et compact apparaissait en surface ; en s'approchant du ruisseau de l'Eberbach le sable réapparaît et le Hanneton est de nouveau présent.

Dans le secteur nord-ouest, au carrefour de quatre triages (fig. 9) la limite du foyer est aussi très nette. Les parcelles sud N° 120 et 121 sont plantées en pins et feuillus, le sol est léger, sablonneux ; les ravageurs sont très nombreux. Au nord de ce carrefour la forêt est constituée par des peuplements de chênes, le sol est encore léger jusqu'à 50 cm, *M. hippocastani* est présent en faibles densités. Au-delà le sable est mélangé avec

de l'argile, l'humidité du sol augmente, aucune bête n'a pu être trouvée. En quittant le carrefour vers l'est le phénomène est le même. A 200 m le terrain sableux supporte des pins et des feuillus qui abritent des Coléoptères. Dans les parcelles 119-144 le plan d'eau remonte, le sable se charge d'argile, le hêtre est l'essence dominante et le ravageur n'existe pas.

A l'est de la forêt le bord de la terrasse est constitué par des sables, les arbres hébergent là un grand nombre d'Insectes. En contre-bas, les sols souvent sablonneux sont gorgés d'eau et les bois sont préservés.

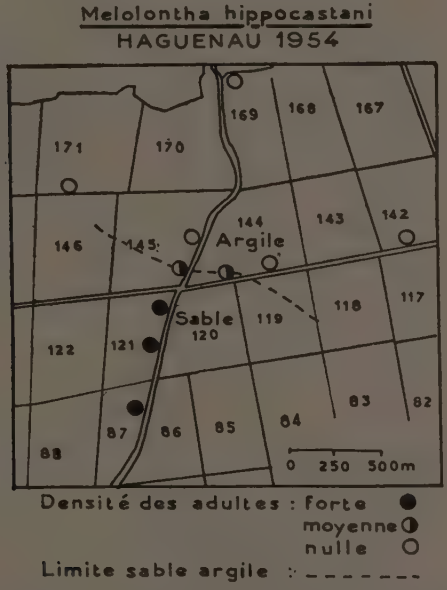


FIG. 9. — La limite du foyer est très nette et se confond avec la ligne de contact entre l'argile et le sable.

Au sud le foyer se prolonge jusqu'au voisinage de Brumath par deux petits bois situés sur les sables de la vallée de la Zorn.

En dehors des forêts les Hannetons sont rares, très peu ont été trouvés dans les vergers des environs ; ils restent cantonnés dans les secteurs forestiers croissant sur des terrains sableux et secs.

En Côte-d'Or, dans la vallée de la Tille, les Insectes sont localisés sur les arbres le long de la rivière (fig. 10). Les forêts environnantes sont indemnes de ravageurs, en particulier les bois croissant sur des terres humides d'anciens marais. « La vallée est recouverte d'alluvions récentes calcaires dont la finesse et les propriétés physiques rappellent celles du sable. Le sous-sol consiste en cailloutis qui affleurent souvent en surface. Ce milieu perméable et aéré convient sans doute mieux à *M. hippocastani*

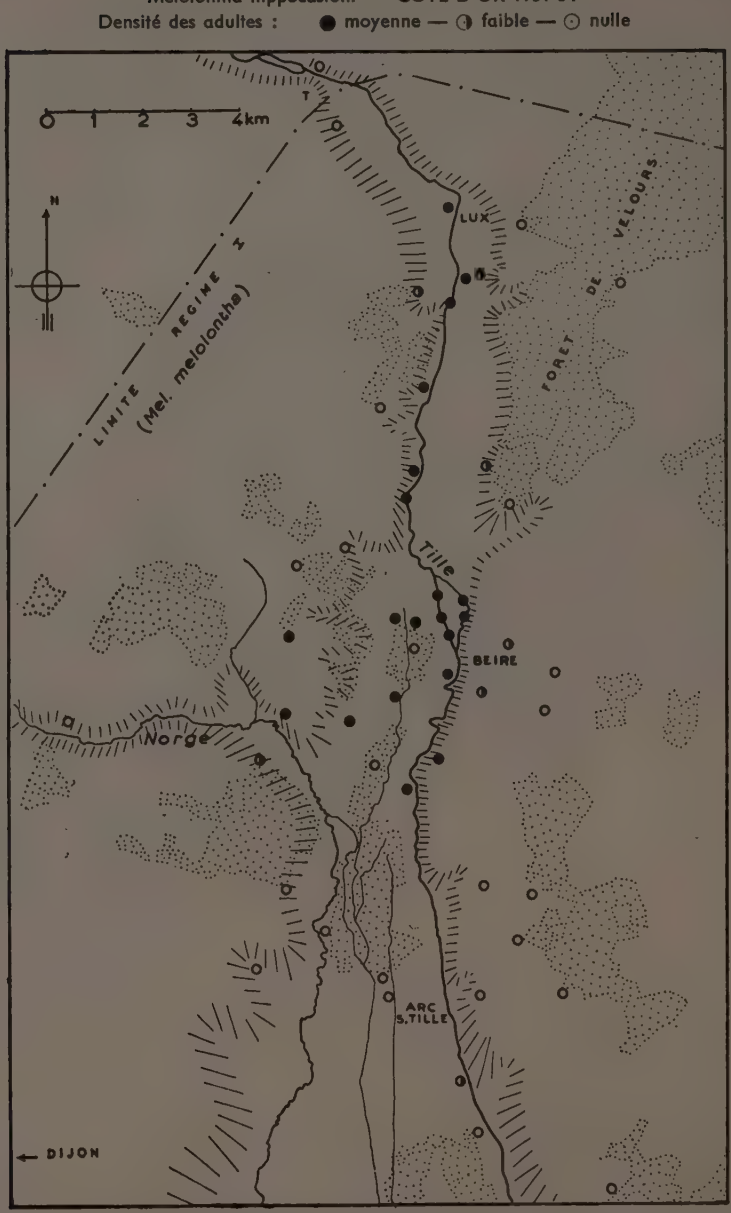


FIG. 10. — Le foyer de Côte-d'Or, dans la vallée de la Tille, est localisé sur les arbres le long des rivières. Le sol est composé d'alluvions calcaires dont les propriétés physiques rappellent celles du sable. Les forêts environnantes poussant sur des sols lourds ou humides sont indemnes du ravageur. (T : Til-Châtel).

que les terres plus lourdes des coteaux de nature argilo-calcaire ou argilo-siliceuse » (2).

Ce sont les exigences de la larve qui limitent l'extension du foyer. Celle-ci a besoin de sols légers, sablonneux, bien drainés. En élevage les vers blancs meurent dans des terres un peu compactes qui conviennent très bien aux larves de *M. melolontha* ; dans du sable ils se maintiennent bien. Ces faits confirment les observations de SCHWERDTFEGER (13) qui considère *M. hippocastani* comme inféodé aux sols sableux, secs. Toutefois la nature chimique du sol ne semble pas exercer d'influence (sables siliceux à Haguenau, alluvions calcaires de la vallée de la Tille), mais les caractères physiques de finesse et perméabilité sont indispensables à la larve.

Pour s'alimenter les adultes s'éloignent peu du lieu d'origine et les femelles pondent près des arbres-hôtes. *En forêt de Haguenau la carte des densités de l'insecte donne une bonne image de la répartition des sols.* Aux fortes concentrations correspondent des sables perméables et secs, les densités moyennes indiquent des terres légères plus ou moins humides, l'absence d'insectes reflète des sols humides ou argileux (fig. 1).

Un foyer de *M. hippocastani* ne peut se maintenir que si les adultes trouvent des arbres nourriciers assez près de leur lieu d'origine. A Haguenau le Hanneton est favorisé par les peuplements mixtes de pins et de feuillus qui poussent sur les sables. Ce mode d'exploitation a été recommandé par les Services des Eaux et Forêts pour éviter la monoculture et empêcher la pullulation de déprédateurs du pin. Aussi, partout où le sol est propice aux larves, se rencontrent des arbres qui assurent l'alimentation des adultes.

III. — DURÉE DU CYCLE

Le précédent vol à Haguenau avait eu lieu en 1950. La population de *M. hippocastani* dans le nord de l'Alsace présente un cycle de 4 ans. Il en est de même dans le Bienwald, situé à 30 km au nord (en Allemagne), mais les sorties qui furent observées en 1955 appartiennent à un autre régime.

Dans la vallée de la Tille, l'un de nous a observé les adultes en 1951 et 1954 ; le Hanneton s'est développé en Bourgogne en 3 ans, au moins au cours de cette période où l'été 1952 a été particulièrement chaud.

En Alsace les larves vivent sous le couvert des futaies de pins ; en Bourgogne dans des prés sans ombrage. Mais à Haguenau aucune bête n'est sortie en 1953 dans les coupes et les jeunes semis dénudés depuis 1950, les sondages d'automne 1953 ont montré des adultes. La durée du développement est bien ici de 4 ans, même dans les sols non boisés (1).

(1) Les communes qui entourent la forêt hébergent des populations de *M. melolontha* qui présentent un cycle de 3 ans.

L'inégalité des cycles doit être recherchée dans des différences climatiques. Les deux régions ont un climat semi-continental. Haguenau doit cependant être un peu plus froid, l'étude des isothermes annuels et mensuels montre qu'il y a toujours une différence thermique de 1° à 1°5 en faveur de la Bourgogne.

La température moyenne de la première période de développement à partir de la ponte (juin à octobre) se révèle légèrement supérieure à Strasbourg (16°7, en 1950 contre 16°15 à Dijon en 1951), mais la moyenne de la belle saison (avril à octobre) au cours de l'année qui a suivi les vols a été de 16°3, à Dijon en 1952, avec 20°4, pour le mois de juillet ; à Strasbourg on a noté 14°5, pour la période correspondante qui se situe en 1951, avec 19°1 seulement pour le mois le plus chaud, soit 3,3 en moins.

Ces chiffres ont été relevés en terrain découvert (aérodrome) par les Services de la Météorologie nationale (15) ; les écarts sont certainement plus grands en faveur du foyer de la Côte-d'Or car les arbres de la forêt de Haguenau forment écran alors que, dans la vallée de la Tille, les Vers blancs se trouvent dans des terres directement réchauffées par le soleil.

L. SCHAEFER (10) a observé d'importants foyers de *M. hippocastani* dans la région lyonnaise, en mai 1947 dans les îles du Rhône près de Miribel (Ain), et 3 *ans plus tard* dans l'île de la Pape (Rhône). Les insectes étaient mélangés avec *M. vulgaris* (celui-ci moins abondant) (1).

En Allemagne *M. hippocastani* présente un cycle de 3 ans dans la région du Lac de Constance ; partout ailleurs il exige au moins 4 ans pour terminer son développement (SCHWERDTFEGER 1944).

En France, l'Alsace constituerait ainsi une zone limite entre les deux cycles.

IV. — CONCLUSIONS

Les observations effectuées dans divers foyers de France ont mis en évidence des différences sensibles entre les deux espèces de Hannetons.

Les mâles de *M. hippocastani* prennent leur essor lorsque la température du sol dépasse 7°, ils devancent de plusieurs jours les femelles qui ont besoin d'un peu plus de chaleur (9°). Le décalage entre les sexes est moins sensible pour *M. melolontha* dont les départs s'effectuent quand le terrain atteint 10 à 11°. Celui-ci, après un vol d'orientation caractéristique, se dirige vers la silhouette la plus sombre et la plus haute qui se détache sur le fond clair du ciel. Ce site attractif est le même pour tous les individus provenant d'un même endroit et il provoque vers lui la migration de l'ensemble de la population. Au contraire, le Hanneton forestier

(1) Vers le sud aucune capture n'a été enregistrée. Il semble donc y avoir une vaste tache dans la vallée du Rhône, en amont de Lyon et débordant à peine au nord et au nord-ouest. Nous remercions bien vivement M. L. SCHAEFER de nous avoir fait part de ses observations.

ne prend pas de direction commune de vol, il part vers les arbres les plus proches.

Au vol de ponte les *M. melolontha* s'éloignent des forêts en une trajectoire bien définie qui peut amener les insectes jusqu'à 2 et 3 km de leur lieu de nourriture. En outre, le Ver blanc se développe dans des sols de nature très variée, prairies ou champs, mais il ne semble pas pouvoir se maintenir sous bois. Ces particularités permettent la dispersion des adultes et l'extension de l'espèce.

Chez *M. hippocastani*, pour lequel la durée de formation des œufs semble plus courte de quelques jours, les mères ne s'éloignent guère pour pondre ; leurs faibles déplacements empêchent d'autant plus les foyers de s'étendre que les exigences des larves cantonnent les pullulations dans les sols légers, perméables, à éléments fins. Pour cette raison l'insecte se rencontre seulement dans les secteurs sablonneux de la forêt de Haguenau et, en Côte-d'Or, il quitte peu les « varennes » de la Tille car ce Ver blanc se plaît sous bois comme en terrain non boisé. Le développement est plus lent dans le nord de l'Alsace où le cycle dure 4 ans au lieu de 3 pour *M. melolontha*.

Les deux espèces présentent leur activité maximale au crépuscule, après le coucher du soleil, mais *M. hippocastani* s'anime plus tôt. En forêt son comportement est très voisin de celui observé chez certains « petits Hannetons » : *Rhizotrogus aestivus*, *Amphimallon solstitialis*, qui volent aussi le soir. Les femelles attendent sur les rameaux, tandis que les mâles volent au hasard à la recherche d'une compagne ; toutefois, tandis que les Rhizotrogues s'enterrent chaque nuit après la fin de l'animation (3), les *M. hippocastani* (comme *M. melolontha*) restent immobiles sur les arbres. Les couples se séparent cependant très tôt le lendemain matin. Il n'y a pas d'accouplement dans la journée.

L'envol de *M. hippocastani* ne semble pas uniquement déterminé par l'abaissement de l'intensité lumineuse. Les insectes seraient sensibles à des modifications de la composition de la lumière. Au crépuscule presque toute la lumière est diffusée par le ciel et celle-ci est fortement polarisée. Le *degré de polarisation* s'accroît et les Hannetons entreraient en activité, sous bois comme en terrain découvert, à partir d'une certaine valeur ou seuil.

Cette hypothèse est à rapprocher de celle déjà émise sur l'orientation des femelles pondeuses de *M. melolontha* qui conserveraient leur direction grâce à la lumière polarisée (4 et 5).

Reçu pour publication le 7 mars 1956.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) AUTRUM (H.) et STUMPF (H.). — Das Bienenauge als Analysator für polarisiertes Licht. *Z. Naturforschg.* 5 b, p. 116-122, 1950.
(2) COUTURIER (A.). — Caractère d'un foyer à *Melolontha hippocastani* en Côte-d'Or. *Phytoma*, nº 36, mars 1952.
(3) COUTURIER (A.) et ROBERT (P.). — Les petits Hannetons et leurs parasites dans la région de Colmar. *Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar*, 45e vol., 4e sér., 11, p. 40-51, 1954.
(4) COUTURIER (A.) et ROBERT (P.). — Recherches sur le comportement du Hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) au cours de sa vie aérienne. *Ann. Epiphyties*, p. 19-60, 1955.
(5) COUTURIER (A.) et ROBERT (P.). — Maintien de la direction de vol chez *Melolontha melolontha* L. (Coléopt. Scarabeidae). *C. R. Ac. Sc.*, **240**, p. 2561-2563, 1955.
(6) DUMONT (R.). — Mesures de la dispersion du degré de polarisation au zénith entre 4 000 et 8 500 A. *C. R. Ac. Sc.*, **238**, p. 2512-2514, 1954.
(7) Von FRISCH (K.). — Die Polarisation des Himmelslichtes als orientierender Faktor bei den Tänzen der Bienen. *Experientia*, **5**, p. 142-148, Bâle, 1949.
(8) NEU (W.). — Unterschiede im Schwärmverlauf von *Melolontha hippocastani* F. und *M. melolontha* L. *Verhandl. des 7. Intern. Kongr. f. Entom.*, **3**, p. 2231-2240, Berlin, 1938.
(9) SAINTE-CLAIRE-DEVILLE (J.). — Catalogue des Coléoptères de France. *L'Abeille*, XXXVI, 1935-1938.
(10) SCHAEFER (L.). — Captures de Coléoptères et observations diverses. *Bull. Soc. Linn.*, p. 27, Lyon, 1947.
(11) SCHNEIDER (F.). — Auftreten und Ovarialentwicklung der Maikäfer *Melolontha vulgaris* F., *M. hippocastani* F. und *M. hippocastani* V. *nigripes* Com. an der alpinen Verbreitungsgrenze im Hinterrheintal. *Bull. Soc. Entom. Suisse*, vol. XXV, nº 2, p. 111-130, 1952.
(12) SCHNEIDER (F.). — Untersuchungen über die optische Orientierung der Maikäfer (*Melolontha vulgaris* F. und *M. hippocastani* F.) sowie über die Entstehung von Schwärmbahnen und Befallskonzentrationen. *Bull. Soc. Entom. Suisse*, vol. XXV, nº 4, p. 269-340, 1952.
(13) SCHWERDTFEGER (F.). — Die Waldkrankheiten. 479 p., Berlin, 1944.
(14) WEBER. — Der Forstbetriebsbeamte. Verlag. J. NEUMANN, Neudamm u. Berlin, 1940.
(15) Résumé mensuel du temps en France. Années 1950-51-52-53-54. Météorologie Nationale, Paris.

RELATIONS ACOUSTIQUES INTERSPÉCIFIQUES CHEZ LES ÉPHIPPIGÈRES (Orthoptères, *Tettigoniidae*).

PAR

R. G. BUSNEL, M. C. BUSNEL et B. DUMORTIER

Laboratoire de Physiologie Acoustique
de l'Institut National de la Recherche Agronomique, Jouy-en-Josas (S. O.)

PLAN DU MÉMOIRE

Introduction.

I. — Étude des phonoréponses interspécifiques des mâles d'Éphippiger.

II. — Étude des phonotaxies interspécifiques des femelles d'Éphippiger.

A. — Expérimentation.

B. — Le chant de l'autre espèce est-il réactogène au même titre qu'un signal artificiel quelconque ?

Conclusion.

INTRODUCTION

Les recherches poursuivies sur l'acoustique des Orthoptères (Busnel (R.-G. et M.-C.), Loher (W.), Dumortier (B.) : 1949-1955) nous ont permis de démontrer que la discrimination acoustique des différentes espèces étudiées (*Chorthippus* et *Ephippigères*), vis-à-vis de leurs propres signaux ou de signaux acoustiques artificiels, était relativement très mauvaise. En effet, soit avec des bruits de bouche, soit avec des appeaux pour oiseaux, soit avec des signaux de fréquence pure, c'est-à-dire des signaux n'ayant que peu de points communs avec les signaux naturels, nous avons pu obtenir sur diverses espèces de ces deux groupes, des comportements analogues à ceux produits avec les signaux naturels : phonoréponses et phonotaxies. Il en a été de même en utilisant des signaux naturels de ces mêmes espèces enregistrés préalablement et réduits artificiellement par fragmentation du message global (Busnel (R.-G.) et Loher (W.) : 2).

L'ensemble de ces résultats apportait, outre cette démonstration, le fait que, dans la valeur d'information des signaux naturels, une partie

importante de ceux-ci pouvait être considérée comme une perte d'énergie (1).

Pour expliquer une telle similitude des comportements à des signaux si différents, il fallait mettre en évidence un caractère commun à ceux-ci. Les analyses physiques des signaux nous ont amené à attribuer aux transitoires d'un certain niveau sonore, variable selon les espèces, ce rôle de paramètre physique essentiel (BUSNEL (R.-G.) : 5).

Dans le cadre du comportement naturel, on peut donc admettre qu'un chant d'une espèce entraîne le déclenchement d'une phonoréponse ou d'une phonotaxie d'une autre espèce, dans la mesure où :

1° La spécificité de la sensibilité acoustique de l'espèce réceptrice est faible.

2° Les valeurs physiques du signal émis par la première espèce qui parviennent aux organes de réception de la seconde, ont les caractéristiques physiques requises pour déclencher la réaction.

D'autre part, si le facteur acoustique joue un rôle dans la sélection naturelle intraspécifique (ce que nous avons démontré pour la ♀ d'Ephippigère qui est toujours attirée, entre plusieurs ♂, par celui qui stridule avec la plus forte intensité sonore, ce qui correspond en fait à l'animal dont les vésicules séminales sont les plus remplies, c'est-à-dire qui a copulé depuis le temps le plus long), il est bien évident que, dans la nature, à l'échelle interspécifique, d'autres stimuli doivent intervenir comme facteurs de maintien de l'espèce.

Le son, par ses qualités physiques de propagation, et en tant que moyen d'information, est effectif à grande portée. C'est-à-dire qu'il peut agir avant que d'autres stimuli à courte portée soient effectifs (vue, toucher ou palpé des antennes, vibrations basse fréquence des supports exaltées par la trémulation de l'insecte etc... Si la discrimination acoustique d'une espèce n'est pas grande, un son d'une autre espèce ou un son artificiel doit donc provoquer des phonoréactions, pourvu qu'il ait les caractères essentiels déclencheurs.

C'est ce que déjà, avec W. LOHER (7) nous avons signalé, c'est-à-dire des cas de phonoréponses de *Chorthippus bicolor* CHARP. à *Ephippiger bitterensis* FINOT. et réciproquement ; de *Chorthippus bicolor* CHARP. à *Chorthippus biguttulus* L. WEIH (17) a également observé de tels échanges d'information entre les espèces suivantes : *Ch. bicolor* CHARP., *Ch. dorsatus* ZETT., *Ch. parallelus* AZAM, *Euthystira brachyptera* OCSK., *Chrysochraon dispar* GERM., *Gomphocerus rufus* L., *Pholidoptera griseoaptera* DE GEER, *Decticus verrucivorus* L., *Metrioptera roeseli* HAGENB.

Si pour certaines espèces les autres stimuli discriminateurs à courte portée n'entrent pas du tout en jeu, les phonoréactions, si elles rentrent dans le cadre des phonotaxies, doivent alors conduire jusqu'à la rencontre

(1) Au sens entropique du terme.

interspécifique, et si les espèces ont des caractères sexuels morphologiquement adaptables, à la copulation. Les facteurs de fixité de l'espèce se réduisent alors à deux possibilités :

a) il n'y a pas fécondation, bien qu'il y ait copulation ;

b) les différentes espèces ne cohabitent pas dans le même biotope et n'ont pas la possibilité géographique de se rencontrer.

Les expériences qui seront exposées dans ce mémoire vont tenter de justifier ces hypothèses sur l'action interspécifique des sons naturels, pour différentes espèces du genre *Ephippiger* qui avaient été regroupées par nos soins dans un même biotope.

Espèces étudiées. — Nous nous sommes adressés aux espèces suivantes, toutes originaires de biotopes régionalement différents (1) :

— *Ephippiger bitterensis* FINOT, qui vit dans les garrigues de la région de Montpellier ;

— *E. ephippiger* FIEBIG, réparti dans toute la France Centre-Sud (en provenance des Causses) ;

— *E. cunii* BOLIVAR, qui vit dans les garrigues des Pyrénées-Orientales ;

— *E. provincialis* YERS, qui vit dans les garrigues de la rive gauche du Rhône, dans la région de la Sainte-Baume ;

— *Ephippigerida nigromarginata* LUCAS, qui vit dans les régions de Vendres et Lespignan (Hérault) (11).

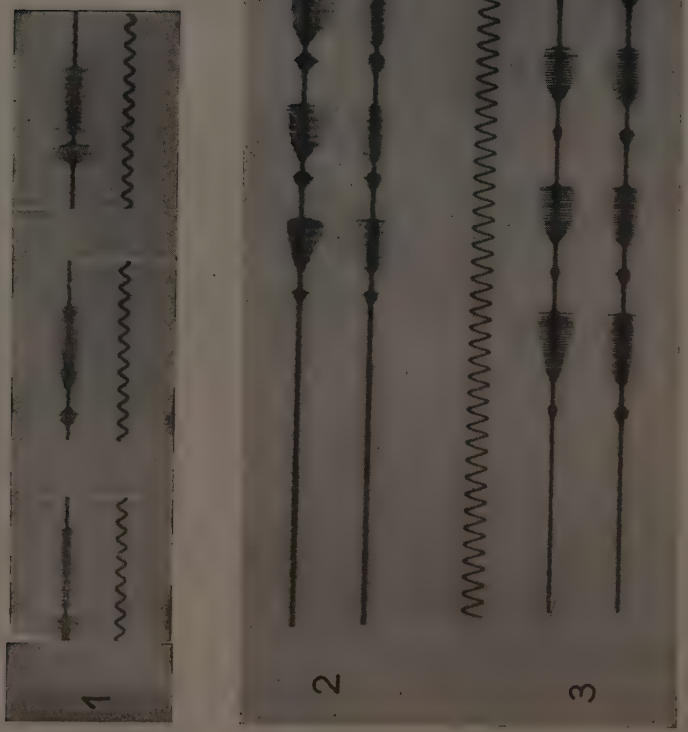
I. — ÉTUDE DES PHONORÉPONSES INTERSPÉCIFIQUES DE ♂ D'EPHIPPIGER

Dans cette recherche, les ♂ des différentes espèces citées étaient regroupés dans un même lieu, ces essais ayant été effectués soit à Palavas (Hérault) dans la nature, soit à Jouy-en-Josas (S. O.), en laboratoire, où les conditions de vie ont permis d'obtenir un comportement normal, tant du point de vue alimentaire que sexuel.

Les insectes étaient rassemblés par espèce dans des cages d'entretien et pour les expériences, un individu d'une espèce et un second d'une autre espèce, étaient isolés dans deux cagettes maintenues à proximité l'une de l'autre, soit dans la nature, soit au laboratoire, dans une chambre sourde, afin de procéder aux enregistrements et aux analyses. Nous pensons utile de rappeler que les spectrogrammes des chants de ces différentes espèces (sauf *E. nigromarginata*) ont déjà été publiés par M.-C. BUSNEL (1952) dans une étude à laquelle on voudra bien se reporter (1). Nous ne donnerons ici à titre sommaire, que l'oscillogramme des chants (Planche I). Les chants sont différents pour chaque espèce, et avec quelque habitude, sont facilement reconnaissables. Nous indique-

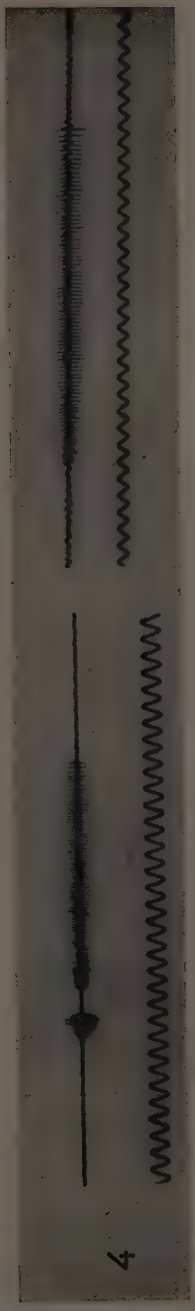
(1) Nous tenons à ce sujet à remercier MM. DELMAS et RAMBIER de nous avoir, soit indiqué les stations, soit procuré les insectes de ces différentes espèces.

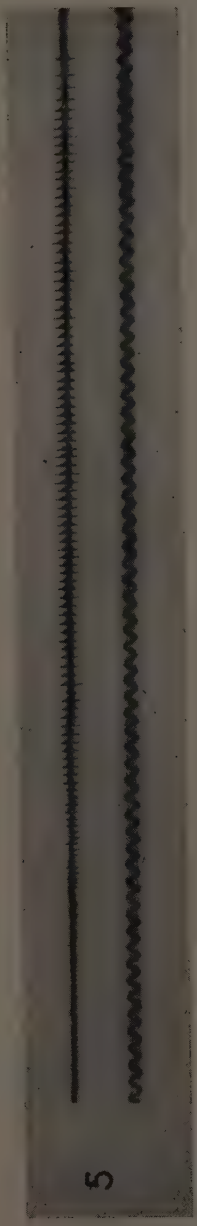
PLANCHE I



Oscillogrammes de stridulations de divers Ephippigères (Référence : 50 périodes (Hz).
1. *Ephippiger bitterensis* (3 exemples). — 2. *Ephippiger cunii* ; A. — ultra-sons (U. S.) ; B. — Sons.
3. *Ephippiger provincialis* : A. — U. S. ; B. — Sons.

PLANCHE I *(suite)*





4. *Ephippigerida nigromarginata* (2 exemples). — 5. *Uromenus rugosicollis*. Référence 50 Hz.

rons toutefois que si le chant d'*E. bitterensis* et d'*E. ephippiger* se compose d'un seul mouvement d'élytres, *E. cunii* et *E. provincialis* en font plusieurs, variant de 3 à 5.

Pour ces études, nous avons dépouillé les enregistrements des chants des ♂, effectués sur bandes magnétiques à l'aide d'un microphone ordinaire (ici seul nous intéresse le rythme du chant et non ses valeurs propres en longueur d'onde) soit avec un oscillographe à plume (8), soit avec un oscillographe cathodique type « Cossor » à double trace, permettant d'avoir toujours un signal de référence comme base de temps (15).

Notre attention sur ces problèmes a été plus spécialement attirée par les faits suivants. Pour nos études, nous avions transporté en Dordogne, à Dômme, où *E. ephippiger* existe dans le biotope, des *E. bitterensis* de Palavas. Nous avons alors eu la surprise de constater que la nuit, des chants d'*E. ephippiger* en liberté provoquaient parfois la réponse de ♂ d'*E. bitterensis* en captivité qui, normalement, ne chantent jamais la nuit, et que ces chants alternaient d'une manière synchrone.

Nous avons défini antérieurement qu'entre ♂ d'une même espèce, rassemblés dans une cage par exemple, ou dans la nature sur une surface restreinte, se manifestaient toujours un ou plusieurs leaders qui par leurs stridulations déclenchaient des « réponses » des autres ♀ (M.-C. Busnel, 1952).

Résultats : Analyse du rythme individuel.

En procédant aux enregistrements du chant d'un ♂ d'une espèce quelconque, on obtient par l'analyse, le rythme sur lequel l'insecte émet. Certes, ce rythme peut varier avec l'état génital de l'insecte, son âge, la température. Mais par exemple, en juillet-août, avec une température de 30°C à l'ombre, sur des insectes n'ayant pas copulé depuis 5 à 6 jours, donc dans les meilleures conditions, et en phase dite de « plein-chant » on obtient les tracés qui sont donnés dans la planche II.

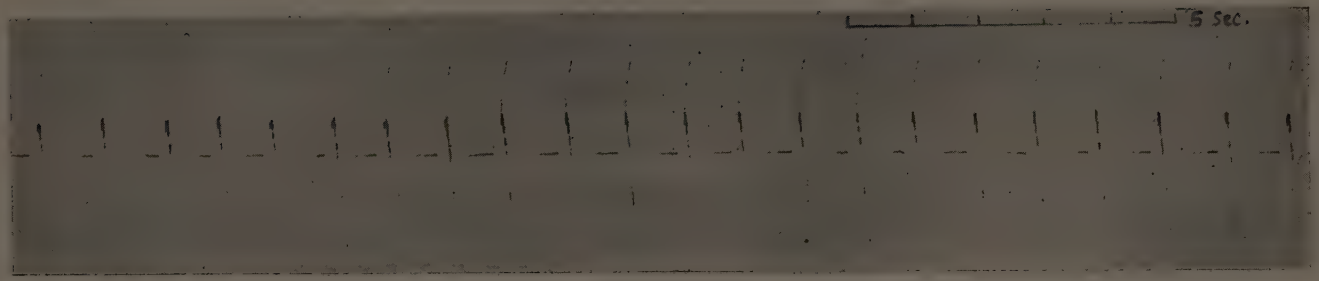
Ces analyses du rythme ne donnent pas de chiffres rigoureux, car le rythme peut varier. Nous avons fait porter nos calculs sur environ 300 stridulations par individu et pour une dizaine d'individus de chaque espèce. Nous avons obtenu les valeurs moyennes suivantes, groupées dans le tableau I, calculées à partir d'histogrammes, réparties en classes de 0,1 seconde.

Analyse du rythme interindividuel : Si on met 2 ♂ de la même espèce en présence acoustique, c'est-à-dire à même de s'entendre réciproquement, la répartition des chants de chacun d'eux par rapport à l'autre peut se présenter sous 3 aspects :

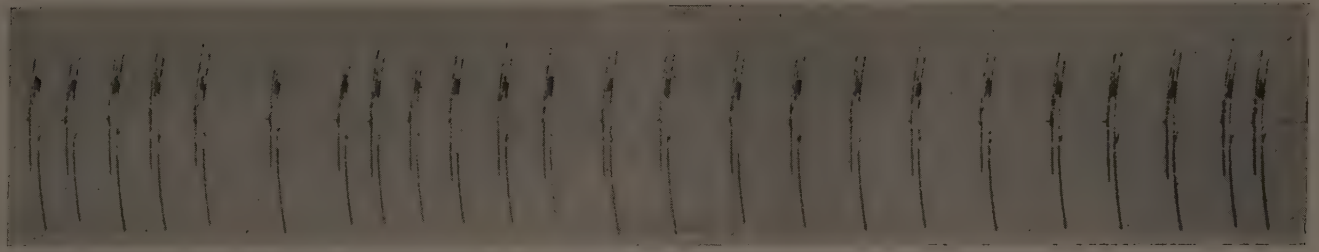
Cas n° 1 — Les deux insectes conservent leur rythme individuel, en alternant régulièrement leurs chants.

PLANCHE II

1



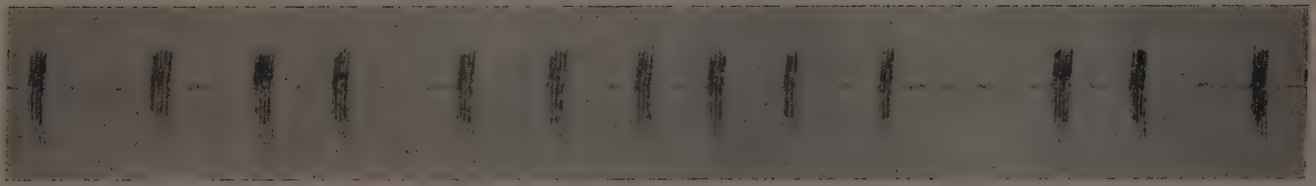
2



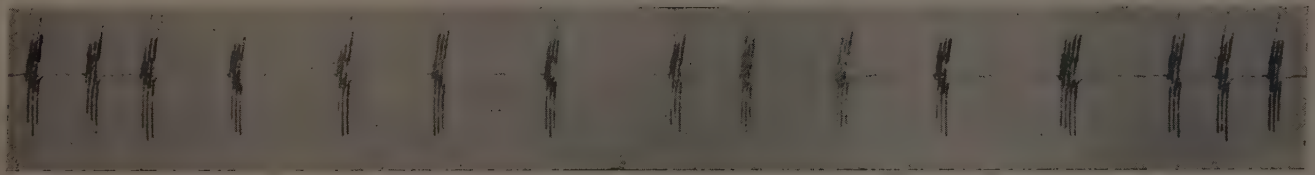
Exemples de stridulation d'Éphippigères analysées à l'oscillographe à plume (vitesse de déroulement 1 cm/s.).
1. *E. ephippiger* — Domme 1954. — 2. *E. bitterensis* — Palavas 1954.

PLANCHE II *(suite)*

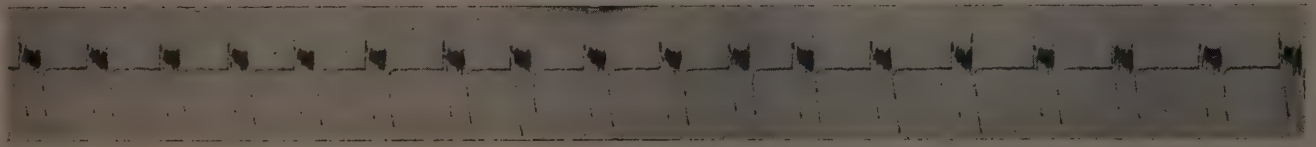
3



4



5



3. *E. cunii* — Palavas 1954. — 4. *E. provincialis* — Palavas 1954. — 5. *Ephippigerida nigromarginata* — Palavas 1954.

TABLEAU I

Durée des diverses composantes de la stridulation de 5 espèces d'Ephippigères calculées à partir d'enregistrements analysés à l'oscillographe et portant chacune sur 300 stridulations.

Espèce	Durée moyenne de la stridulation en secondes	Nombre de mouvements d'élytre par stridulation	Temps moyen entre deux stridulations d'un même insecte (en secondes)
E. bitterensis	0,11	1	0,75
E. ephippiger	0,18	1	0,80
E. provincialis	0,20	4 (± 1)	1,1 ; 1,3
E. cunii	0,26	4 (± 1)	1,2
Ephippigerida nigromarginata	0,38	1	0,65

Cas n° 2 : Les deux insectes modifient leur rythme, en omettant un signal sur deux.

Cas n° 3 : Si au cours d'une conversation de l'un des deux types précédents, l'un des ♂ s'arrête, l'autre peut poursuivre en prenant un rythme plus rapide que dans le cas du chant de l'individu isolé.

Nous illustrons ces trois cas par les tracés de la figure III et de la planche IV.

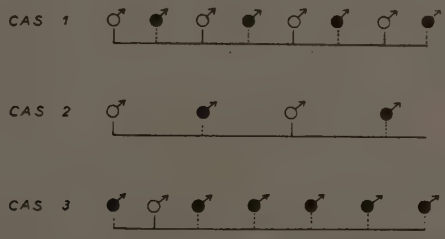


FIGURE III. — Schéma de l'interaction du chant entre deux individus mâles d'une même espèce.

Si celui qui s'est arrêté reprend son émission, les deux insectes recommencent leur duo, selon les schémas des cas 1 et 2.

Ces chants, ainsi alternés d'une manière extrêmement régulière, donnent l'impression d'une conversation, et les anciens entomologistes qui les connaissaient bien, les avaient comparés aux aboiements de chiens qui se répondent dans la nuit. On peut penser, à priori, qu'un tel échange de signaux est dû au hasard, et que cette alternance ne représente pas une interaction réelle des deux insectes. Mais il n'en est rien. Si l'on interrompt l'un des deux ♂, dès qu'il reprend son émission, celle-ci se trouvera placée toujours à la suite de l'autre ♂ (cas n° 3 et *c* planche IV). Une autre preuve expérimentale peut être obtenue avec un groupe de plusieurs insectes où le leader, celui qui chante le plus fort, déclenche

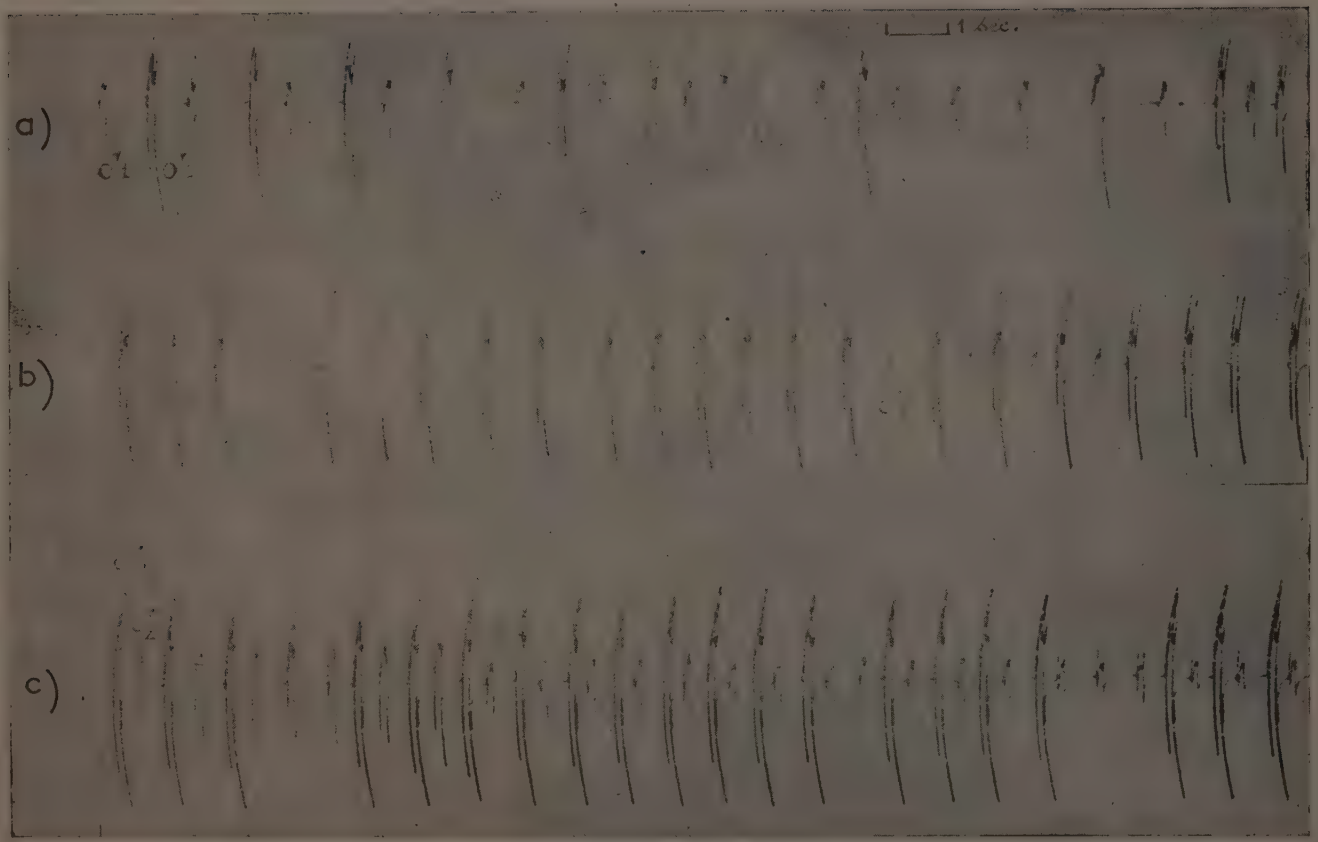


PLANCHE IV. — Alternance dans les tridulations d'*E. bitterensis* : 2 mâles se répondant (analyse à 1 cm/s).
a) 2 mâles se répondent. Après un arrêt, remise en place du rythme. — *b*) Apparition du chant du 2e mâle qui s'intercale juste.
c) Alternance bien répartie. Quand l'un s'arrête, l'autre accélère légèrement, puis reprend sa place.

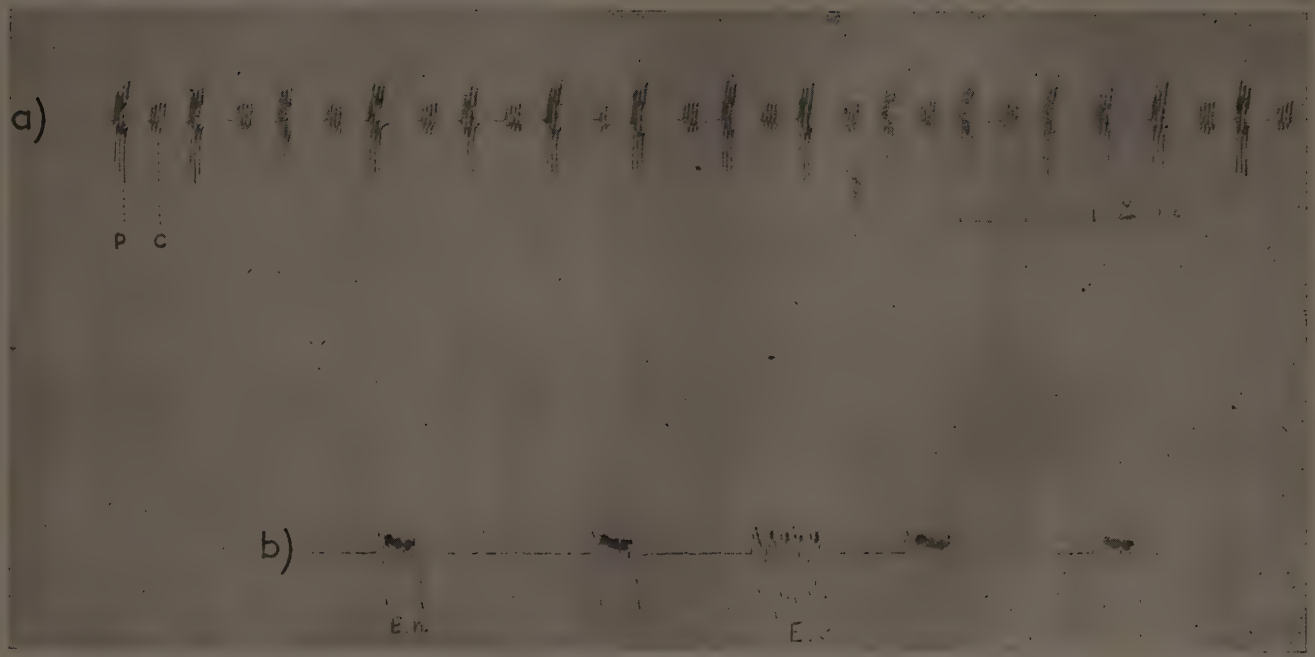


PLANCHE V. — Exemples de phonoréponses entre espèces différentes, analysées à l'oscillographe à plume.
a) Phonoréponse de *E. provincialis* avec *E. cunii* (analyse à 1 cm/s.). — *b*) Phonoréponse de *E. nigromarginata* avec *E. cunii* (analyse à 3 cm/s.).

presque en même temps les réponses des autres ♂ qui, alors, se confondent plus ou moins entre elles, tout en restant régulièrement détachées du signal du leader. Nous pensons donc avoir ainsi établi que pour une même espèce le signal d'un ♂ a un rôle déclencheur de phonoréponse chez les autres ♂, qui sont dans des conditions biologiques identiques.

Que se passe-t-il entre ♂ d'espèces différentes ? Le phénomène décrit précédemment se retrouve intégralement, c'est-à-dire que le ♂ d'une espèce entraîne la réaction du ♂ de l'autre espèce et les deux insectes vont alterner leurs chants, bien que, par exemple dans le cas d'*E. bitterensis* et d'*E. cunii*, l'un n'émette qu'avec un seul mouvement d'élytres, et l'autre avec trois ou quatre. Nous donnons des exemples de ces phonoréponses alternées dans la planche V ; nous les avons obtenues indifféremment avec toutes les espèces étudiées ici, bien que leurs caractéristiques physiques soient assez éloignées. Nous tenons du reste à préciser qu'avec des signaux synthétiques l'expérimentateur obtient également ces phonoréponses alternées. Toutes ces phonoréponses sont du reste à rapprocher de la notion de rivalité sexuelle qui est à l'origine de la compétition acoustique et nos expériences montrent, dans le cas qui nous préoccupe ici, que les signaux des ♂ d'une espèce ont bien une valeur interspécifique pour les ♂ des autres espèces.

II. — ÉTUDES DES PHONOTAXIES INTERSPÉCIFIQUES DES ♀ D'EPHIPPIGER

Dans le genre Ephippiger, la stridulation du ♂ produit l'attraction, à distance des ♀ physiologiquement aptes à l'accouplement. De très nombreuses expériences réalisées sur *E. bitterensis* et *E. ephippiger* en particulier nous ont permis de préciser les caractères et les modalités de ce phénomène (Busnel et Dumortier 3). Nous avons également montré qu'il était possible d'attirer les ♀ avec des signaux artificiels (3) : sifflet de Galton, appeaux de chasse et fréquences pures, sonores et ultrasonores. Tous ces stimuli acoustiques, pourtant fort dissemblables entre eux et très différents des chants du ♂, ont déclenché chez la ♀ sensible une phonotaxie positive orientée vers la source sonore, exactement comme l'aurait fait le chant du ♂ lui-même.

Devant ce manque de spécificité de la discrimination acoustique de l'insecte en ce qui concerne la nature des signaux, nous avons donc essayé d'obtenir des attractions interspécifiques.

Pour cela, nous nous sommes adressés à deux espèces que nous possédions en grand nombre : *E. bitterensis* et *E. ephippiger* (1).

(1) L. Chopard classe ces deux espèces comme voisines, bien qu'assez différentes par leur aspect général : Faune de France — Orthoptéroïdes, Paul Lechevalier Éd., Paris 1951, p. 162.

A. — Expérimentation.

1° Dans une série d'expériences préliminaires, nous avons d'abord placé une ♀ sensible d'une espèce dans le champ sonore des ♂ de l'autre espèce et constaté que la ♀ se déplaçait en direction de la source des sons : c'est ainsi que nous avons pu voir de nombreuses attractions dans le sens ♀ *E. bitterensis* vers ♂ *E. ephippiger* aussi bien que ♀ *E. ephippiger* vers ♂ *E. bitterensis*. Les vitesses de déplacement des ♀ sont, dans les deux cas du même ordre que celles obtenues avec les signaux des ♂ de leur propre espèce.

Par conséquent, une ♀ sensible d'une de ces deux espèces est attirée par le chant des ♂ de l'autre espèce.

2° Le résultat est encore plus significatif si l'on place, pour ainsi dire en compétition, des ♂ de deux espèces.

Voici, à titre d'exemple, la conduite d'une expérience avec *E. bitterensis* ♀ (fig. VI).

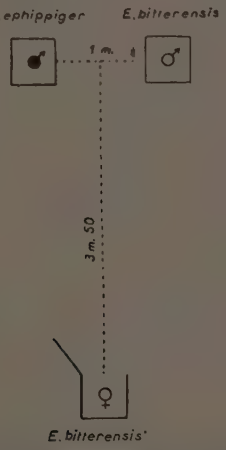


FIGURE VI. — Schéma de l'expérience de l'attraction des femelles d'*E. bitterensis* par des mâles d'*E. bitterensis* et d'*E. ephippiger*.

Trois ♀ sensibles sont placées à 3,50 m de 2 cages distantes de 1 m, renfermant, l'une des ♂ d'*Ephippiger bitterensis*, l'autre des ♂ d'*Ephippiger ephippiger*.

Deux des ♀ se rendent en ligne droite sur la cage des *E. ephippiger*. La troisième va, au contraire sur la cage des ♂ de son espèce.

Sur 30 expériences réalisées de façon analogue, c'est-à-dire où l'équidistance des cages à la ♀ était toujours maintenue, nous avons eu, avec *E. bitterensis* ♀ :

Dix-neuf attractions par les *E. ephippiger* ♂.

Onze attractions par les *E. bitterensis* ♂.

Autrement dit, dans 63 p. 100 des cas, la ♀ est allée vers les ♂ de l'autre espèce, et dans 36 p. 100 seulement vers ceux de sa propre espèce (1).

Avec les *E. ephippiger* ♀ nos résultats sont comparables, quoique actuellement moins nombreux, car le lot de ♀ dont nous disposions en 1955 ne comptait pas à l'époque beaucoup de ♀ sensibles. Dans les mêmes conditions expérimentales, 2 fois sur 5, les ♀ sont allées vers les *E. bitterensis* ♂, 3 fois vers leurs propres ♂.

De ces premières données, il serait hasardeux de conclure que *E. bitterensis* ♀, par exemple, est plus attirée par les *E. ephippiger* ♂ que par les ♂ de son espèce (63 p. 100 contre 36 p. 100). Mais tels que nous les avons rapportés, ces résultats montrent que *E. bitterensis* ♀ est attirée, indifféremment, par les ♂ des deux espèces étudiées, et que c'est aussi le cas de *E. ephippiger* ♀.

3° Nous avons déjà eu l'occasion de signaler qu'une ♀ placée à égale distance entre 2 ♂ de son espèce (3), va vers celui qui chante le plus fort.

Il pouvait donc s'agir d'un cas analogue : la ♀ ne différenciant pas les deux chants, va vers la cage d'où part la plus forte intensité. Comme les ♂ ne chantent pas toujours avec régularité, l'intensité la plus forte vient tantôt des *E. bitterensis*, tantôt des *E. ephippiger*.

Pour tenter de vérifier ce rôle possible de l'intensité, nous avons placé une ♀ de E. *bitterensis* à égale distance entre deux cages, éloignées l'une de l'autre de 4 m.

Dans cette position, la ♀ reçoit 50 décibels (dB) des *E. bitterensis* et 55 dB des *E. ephippiger*. Elle se rend, à la cage des ♂ *E. ephippiger* 5 fois sur 6.

Mais rapprochée des *E. bitterensis*, et recevant leur chant avec une intensité à peu près égale à celle du chant des *E. ephippiger* (52 dB), elle continue néanmoins à aller vers les seconds.

Elle fait encore de même lorsque les intensités respectives des chants sont de 54 dB pour les *E. bitterensis* et 50 dB pour les *E. ephippiger*.

Enfin, mise à 90 cm des ♂ de son espèce et recevant 58 dB, elle va néanmoins, sans hésitation, vers les *E. ephippiger* dont le chant, parcourant 3,10 m ne lui parvient qu'avec 48 dB d'intensité.

Ces résultats ont été obtenus avec une ♀ *E. bitterensis*. D'autres, étudiées de la même façon, ont marqué aussi une préférence, quoique moins absolue, pour les ♂ *E. ephippiger*, préférence que l'intensité sonore ne pouvait justifier seule, puisqu'elle était souvent plus faible

(1) La direction du vent ou la position du soleil ne paraissent pas jouer. En effet, si l'on inverse la disposition des deux cages de ♂, les ♀ continuent à aller soit à l'une soit à l'autre, dans des proportions identiques à ce que nous avons indiqué plus haut.

que celle avec laquelle étaient reçus les signaux des *E. bitterensis* ♂.

Précisons que, pour éviter d' « influencer » la ♀, celle-ci n'était pas déposée à la main sur le sol, mais placée au sommet d'une baguette d'environ 40 cm fichée en terre, et dont elle devait descendre avant de gagner sa direction. L'insecte avait donc toute latitude pour le choix de son orientation.

Cependant, cette phonotaxie interspécifique n'est pas une simple erreur des sens de la ♀ et ne se limite pas au déplacement dirigé. En effet, nous avons observé que, comme dans la réaction naturelle au chant de l'espèce, cette phonotaxie se terminait par la copulation, et accolement du spermatophore (1), entre *E. bitterensis* ♀ et *E. ephippiger* ♂, ce qui confirme donc bien notre hypothèse de départ : l'absence de sélectivité auditive et de stimuli discriminateurs à courte portée.

Nous n'avons pas pu, par contre, observer encore complètement l'accouplement dans le cas inverse : *E. ephippiger* ♀ × *E. bitterensis* ♂, malgré un comportement sexuel tendant à la copulation (mise en position de la ♀ *E. ephippiger* sur le dos du ♂ *E. bitterensis*, extension de l'abdomen du ♂, abaissement de l'abdomen de la ♀).

B. — Le chant de l'autre espèce est-il réactogène au même titre qu'un signal artificiel quelconque ?

C'est un problème intéressant, car s'il en était ainsi, cette attraction interspécifique serait simplement à reporter dans le cadre des phonotaxies que nous réalisons couramment avec sifflets, appeaux et fréquences pures (6).

Tout d'abord, il convient d'indiquer que la forme générale du signal sonore des deux espèces est assez comparable (planche VII), l'analyse des fréquences révèle également une certaine similitude (M. C. Busnel), (1), l'intensité sonore est du même ordre ; enfin, la répartition du chant dans le temps est partiellement comparable.

Ceci forme déjà un groupe d'arguments incitant à donner une réponse négative à la question : le chant de l'autre espèce, relativement voisin physiquement de celui de l'espèce à laquelle appartient la ♀ étudiée ne devrait pas, du fait même de cette parenté de structure, être considéré par la ♀ au même titre que n'importe quel coup de sifflet, fort différent, lui, du signal naturel.

Mais une seconde raison s'ajoute aux précédentes, qui nous indique, d'une façon assez nette semble-t-il, que le signal de l'autre espèce n'est pas à confondre avec un signal artificiel.

(1) Les problèmes de fécondation interspécifiques et d'hybridation de ces espèces sont étudiés depuis plusieurs années et antérieurement à nos travaux par MM. Rambier et Delmas, au Laboratoire de Zoologie de l'École Nationale d'Agriculture de Montpellier.

PLANCHE VII

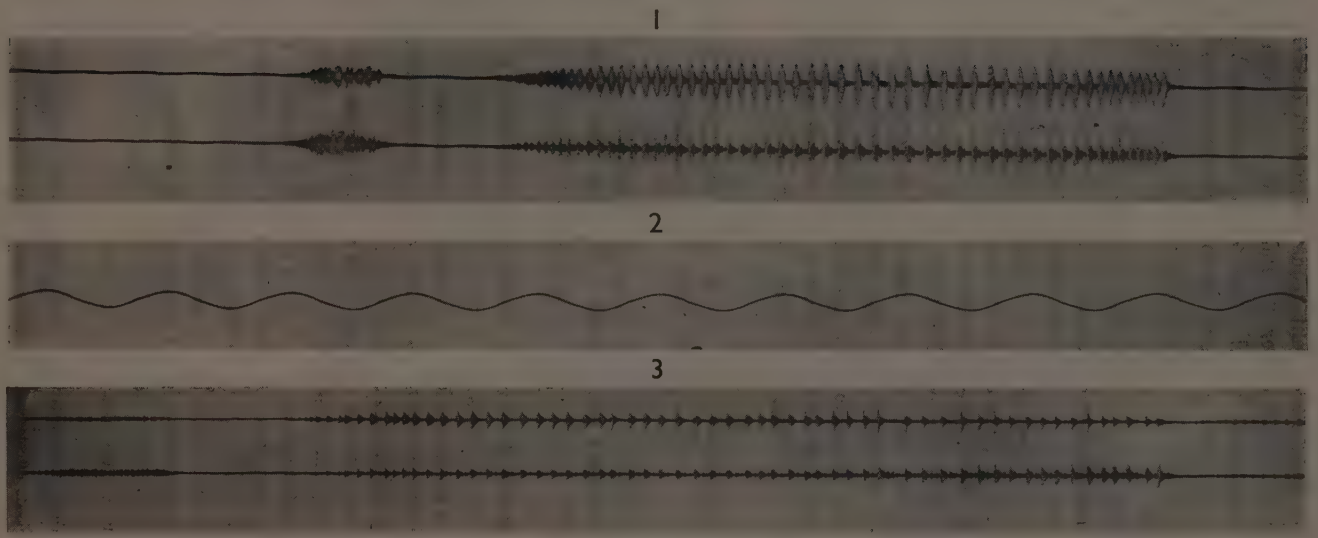


FIGURE VII. — Comparaison des oscillogrammes du signal acoustique des deux espèces (oscillographie cathodique avec référence 50 Hz. 1. *Ephippiger bitterensis*. — 2. Référence : 50 Hz. — 3. *Ephippiger ephippiger*.

En effet, les stimuli artificiels ne permettent de réaliser des attractions de ♀ sensibles que sous certaines conditions, dont une des plus impératives est un seuil d'intensité : aucun signal artificiel ne saurait être réactogène s'il ne parvient pas à la ♀ avec une intensité supérieure ou égale à 47 dB pour le sifflet de Galton et 65 dB pour les fréquences pures. (Dans la nature, où nous avons fait ces expériences, le bruit de fond ambiant était de 45 dB.)

Par contre, le chant des ♂ est encore attractif pour les ♀ à des intensités si faibles qu'il est imperceptible par l'oreille humaine et les appareils de mesure (rappelons que le ♂ émet environ 66 dB au départ, et qu'une ♀ sensible peut parcourir en ligne droite, plus de 20 m pour le retrouver).

Or, la ♀ est attirée par les ♂ de l'autre espèce à des distances qui font tomber l'intensité sonore à moins de 40 dB (nous n'avons pas encore tenté d'attractions interspécifiques à grande distance, ce qui, évidemment ferait descendre encore plus bas l'intensité). Mais nous savons qu'à cette valeur de 40 dB, aucun des signaux artificiels que nous avons utilisés n'a été efficace.

Il nous semble donc que nous pouvons conclure, pour l'instant du moins, que la ♀ perçoit malgré tout le chant de l'autre espèce comme un signal naturel.

CONCLUSIONS

Les expériences sur les Ephippiger rapportées ici nous ont permis de montrer :

1° Que le signal acoustique de ces insectes n'était pas strictement spécifique et qu'il pouvait déclencher un comportement naturel sur les ♂ ou les ♀ d'autres espèces.

2° Que ces comportements se traduisaient :

— par des phonoréponses chez les ♂ (accompagnées du reste parfois de trémulations quand les deux insectes d'espèces différentes étaient sur la même plante, ce qui indique également que ce second moyen d'information n'a pas un caractère plus spécifique que le premier) ;

— par des phonotaxies chez les ♀.

3° Que chez les ♀, les phonotaxies pouvaient se poursuivre jusqu'à la rencontre avec le ♂ d'une autre espèce et se terminer par la copulation avec émission et accolement d'un spermatophore.

Les hypothèses avancées au début de ce travail paraissent donc vérifiées et il nous a été possible de montrer que, au moins pour certaines espèces du genre *Ephippiger*, le signal acoustique naturel pouvait avoir une valeur interspécifique.

Nous n'aborderons pas ici le problème de la fixité de l'espèce, fondamental pour la systématique et qui, dans cet esprit, à déjà été envisagé

par JACOBS (4-13) et pour les Éphippigères par Rambier et Delmas (1). En effet, nos expériences, soulignons-le à nouveau, sont basées sur un rapprochement *artificiel* d'insectes de biotopes *différents*.

Certes, il n'est pas impossible que l'on puisse aboutir à des hybrides entre espèces d'Orthoptères, les travaux de FULTON (12), KLINGSTED (14), COUSIN (10), PERDECK (16), JACOBS (13) sur d'autres Orthoptères l'ont prouvé. Mais là encore, il s'agit de faits expérimentaux et seules, dans notre cas, les conditions des biotopes actuels paraissent former le cadre étroit et rigide qui maintient la fixité de ces espèces en les isolant.

Reçu pour publication le 21 mars 1956.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) BUSNEL (M.-C.). — Contribution à l'étude des émissions acoustiques des Orthoptères. I. Recherches sur les spectres de fréquence et sur les intensités. *Ann. Epiphyties* (1953), III, 333-421.

(2) BUSNEL (R.-G.) et LOHER (W.). — Recherches sur le comportement de divers ♂ d'Acridiens à des signaux acoustiques artificiels. *Ann. des Sci. Nat., Zool.* (1954), XVI, 11e série, 271-281.

(3) BUSNEL (R.-G.) et DUMORTIER (B.). — Observations sur le comportement acoustico-sexuel de la ♀ d'*Epiphippiger bitterensis*. *C. R. Soc. Biol.* (1954), CXLVIII, 1589. — *Ibid.* — Étude des caractères du signal du sifflet de Galton provoquant la phonotaxie de la ♀ d'*Ephippiger bitterensis*. — *Ibid.*, 1751. — *Ibid.* — Étude du cycle génital du ♂ d'*Ephippiger* et son rapport avec le comportement acoustique. *Bull. Soc. Zool. Fr.* (1955), LXXX, nº 1, 66. — *Ibid.* — La trémulation du corps et la transmission aux supports des vibrations en résultant comme moyen d'information à courte portée des Éphippigères ♂ et ♀. — *Ibid.*, 18.

(4) BUSNEL (R.-G.). — Sur certains rapports entre le moyen d'information acoustique et le comportement acoustique des Orthoptères. *Ann. Epiphyties* (1954). Colloque sur l'Acoustique des Orthoptères, p. 281.

(5) BUSNEL (R. G.). — Probabilité du rôle prédominant d'un des caractères physiques des signaux acoustiques artificiels dans le déclenchement de phonotaxies et de phonocinèses dans le règne animal. *J. Physiol.* (1955), **47**, 123.

(6) BUSNEL (R.-G.), DUMORTIER (B.) et PASQUINELLY (F.). — Phonotaxie de ♀ d'*Ephippiger* (Orthoptère) à des signaux acoustiques synthétiques. *C. R. Soc. Biol* (1955), CXLIX, 11.

(7) BUSNEL (R.-G.) et LOHER (W.). — Étude des caractères physiques réactogènes de signaux acoustiques artificiels déclencheurs de phonotropismes chez les Acrididae. *Soc. Entomol. Fr.* (1956) sous presse.

(8) BUSNEL (R.-G.) et PASQUINELLY (F.). — Nouvelle application de la technique électro-acoustique d'enregistrement de mouvements physiologiques de très faible amplitude à l'actographie de la Drosophile intoxiquée par des insecticides. *C. R. Soc. Biol.* (1954), CXLVIII, 1587.

(9) CHOPARD (L.). — Faune de France. Orthoptéroïdes. P. Lechevalier Éd. (1951), Paris.

(10) COUSIN (G.). — Citée par W. JACOBS, p. 310. (Problèmes relatifs à l'étude

(1) Voir note de bas de page, p. 465.

du comportement acoustique chez les Orthoptères. — *Ann. Epiphyties*, 1954. Colloque sur l'acoustique des Orthoptères, p. 306).

(11) DELMAS (R.). — Une espèce d'Ephippigeridae nouvelle pour la France. *Bull. Soc. Entomol. Fr.* (janvier 1953), 15.

(12) FULTON (B. B.). — Experimental crossing of subspecies in *Nemobius* (Orthoptera : Gryllidae). *Ann. Ent. Soc. America* (1937), **30**, 201. — *Ibid.* — Inheritance of song in hybrids of two subspecies of *Nemobius fasciatus* (Orthoptera). — *Ibid.* (1933), **26**, 368.

(13) JACOBS (W.). — Problèmes relatifs à l'étude du comportement acoustique chez les Orthoptères. *Ann. Epiphyties*. Coll. sur l'Acoustique des Orthoptères (1954), 306.

(14) KLINGSTEDT (H.). — Taxonomic and cytological studies on grasshopper hybrids. *J. Genet.* (1939), 37.

(15) PASQUINELLY (F.) et BROUGHTON (W. B.). — Chaînes électro-acoustiques et techniques d'enregistrement. *Ann. Epiphyties* (1954). Colloque sur l'Acoustique des Orthoptères, 63.

(16) PERDECK (A. C.). — Ervaringen met veldsprinkhanen. *De Levende Natuur* (1951), nº 9, 165.

(17) WEIH (A. S.). — Untersuchungen über das Wechselsingen (Anaphonie) und über das angeborene Lautschema einiger Feldheuchrecken. *Zeits. Tierpsychol.* (1951), **8**, 1-41.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA MICROFLORE FONGIQUE DES SOLS CULTIVÉS

PAR

J. GUILLEMAT ET J. MONTÉGUT [1]

Laboratoire de recherches de la Chaire de Botanique,
École Nationale d'Agriculture de Grignon

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Introduction.
- A. — Les « Parcelles Déhérain ».
- B. — But de l'essai entrepris.
- C. — Dates des prélèvements.

II. — Techniques et méthodes.
- A. — Échantillonnage.
- B. — Répartition de l'inoculum.
- C. — Ensemencement.
- D. — Incubation.

III. — Liste, répartition systématique et fréquence des espèces isolées.
- A. — Liste des espèces isolées.
- B. — Répartition systématique des espèces.
- C. — Fréquence des espèces.
- D. — Activité des espèces.

IV. — Influence de la profondeur.

V. — Influence de la fumure.
- A. — Influence de la fumure organique : Fumier.
- B. — Influence de la fumure minérale.
- C. — Influence des principes nutritifs en général.
  - 1° Espèces nettement favorisées.
  - 2° Espèces indifférentes.
  - 3° Espèces défavorisées.

VI. — Influence de l'assolement.

VII. — Influence des conditions climatiques.
- A. — Mise en évidence et rôle des facteurs climatiques.
- B. — Modifications apportées à la microflore.
- C. — Interprétation des rôles des facteurs climatiques.
  - 1° La température.
  - 2° L'humidité.
- D. — Conclusion.

[1] Étude réalisée, avec la collaboration technique de Mme MONTÉGUT, sur les « parcelles DEHÉRAIN » de la station agronomique de Grignon.

VIII. — Étude des corrélations entre les quatre facteurs.
A. — Au mois de juin.
B. — Au mois de septembre.
C. — Conclusions.

IX. — Résumé.

I. — INTRODUCTION

A. — Les « parcelles Déhérain »

C'est en 1875 que DÉHÉRAIN, professeur à Grignon, créait la Station Agronomique de Grignon dans le but d'étudier les programmes suivants :

1° Influence physique et chimique de l'humus de la terre arable.

2° Influence qu'exercent, sur l'abondance de la récolte, la nature et la composition des engrais répandus.

3° Influence du mode d'épandage des engrais.

4° Influence de la composition, de l'abondance et du mode d'épandage des engrais, sur la composition des plantes récoltées.

5° Modifications que subissent les plantes quand elles sont soumises pendant une longue suite de générations aux mêmes procédés de culture.

L'organisation du champ d'expérience fut conçue pour la réalisation d'essais de longue durée. Le champ est divisé en parcelles d'un are, séparées par un sentier de 50 cm.

Le dispositif expérimental initial, tant au point de vue matériel vivant que fumures, fut ensuite modifié par DÉHÉRAIN lui-même, puis par ses successeurs, afin de préciser de nouveaux facteurs ou pour éliminer diverses causes d'erreur.

C'est ainsi que de nombreuses plantes étaient au début cultivées sur ces parcelles. DUMONT en 1902 n'en conserva que 4 formant l'assolement : betteraves demi-sucrières, avoine, pomme de terre, blé.

Le dispositif était alors constitué par un bloc de 4 bandes de 17 colonnes.

Chaque année toutes les parcelles d'une même bande portait l'une des 4 cultures de l'assolement. Ces cultures se succédaient sur chaque bande suivant la rotation annuelle.

Chaque parcelle d'une même colonne recevait tous les ans la même fumure quelle que fût la culture de la parcelle.

En 1931, GUÉRILLOT modifia le dispositif, introduisant encore quelques parcelles sans engrais, diminuant ainsi le nombre des essais. Par

contre, afin de faciliter l'interprétation statistique, le nombre de parcelles recevant un même traitement fut multiplié. Dans ce but chaque parcelle d'un are fut divisée en deux et GUÉRILLOT adopta l'assolement biennal betterave-blé.

Le champ d'expérience DÉHÉRAIN compte donc depuis 1931 8 bandes de 17 colonnes, soit 136 demi-parcelles d'un demi-are. Toutes les demi-parcelles d'une même bande portent alternativement tous les ans soit une betterave demi-sucrière soit blé WILSON. Les 8 demi-parcelles (de 5 × 10 m) d'une même colonne reçoivent toujours les mêmes doses d'engrais.

Le plan du champ est donc le suivant depuis 1931 : (voir Plan).

Ajoutons que, dans le but d'épuiser le sol plus rapidement, les fanes des betteraves sont évacuées. Seuls restent les chaumes après la récolte du blé.

B. — **But de l'essai entrepris.**

C'est donc dans ces parcelles soumises à une fumure et à une rotation de culture bien déterminées que nous nous sommes proposés d'entreprendre l'étude de la microflore fongique. Nous avons négligé volontairement les Actinomycètes et surtout les Bactéries, car l'étude de ces microorganismes est trop différente de celle des champignons.

Note idée n'était pas uniquement d'établir l'inventaire fongique du champ d'expérience, mais surtout d'apprécier l'évolution de cette microflore en étudiant l'action de divers facteurs tels que la fumure, l'assolement, la profondeur (divers niveaux dans le sol) et les conditions climatiques (époques de l'année).

Parmi cet ensemble de parcelles notre choix s'est arrêté cette année sur les suivantes :

Parcelle n° 2. — Fumier seul.

Parcelle n° 3. — NPK.

Parcelle n° 4. — Sans engrais depuis 1902.

Parcelle n° 5. — Sans engrais depuis 1875.

Chaque parcelle est constituée de deux demi-parcelles mesurant chacune 50 m^2, l'une semée en betteraves, l'autre en blé.

C. — **Dates des prélèvements.**

Cinq prélèvements de sol furent effectués aux dates suivantes :

7 mars, 9 juin, 6 septembre, 30 septembre et 16 novembre 1955. Le premier prélèvement, celui du 7 mars intéressa les demi-parcelles destinées à recevoir des betteraves. La terre était gelée sur 5 cm de profondeur. Un seul niveau fut retenu pour ce premier essai : la zone entre 5

Fumier seul	89		1		17		33	
Fumier seul	88		2 Bett.	Blé	18		34	
NPK	87		3 Bett.	Blé	19		35	
S. E. depuis 1902	86		4 Bett.	Blé	20		36	
S. E. depuis 1875	85		5 Bett.	Blé	21		37	
S. E. depuis 1902	84		6		22		38	
NK	83		7		23		39	
PK	82		8		24		40	
NP	81		9		25		41	
NPK	80		10		26		42	
S. E. depuis 1902	79		11		27		43	
NK	78		12		28		44	
PK	77		13		29		45	
S. E. depuis 1931	76		14		30		46	
S. E. depuis 1902	75		15		31		47	
S. E. depuis 1931	74		16		32		48	
NP	73		67		66		65	

Plan des « PARCELLES DEHERAIN »

et 10 cm de profondeur. Il s'agissait là d'un essai préliminaire en vue d'isoler les principales espèces fongiques et d'en connaître la fréquence approximative.

Le 9 juin, les échantillons prélevés également sur les parcelles de betteraves (une semaine après binage et démarriage) intéressèrent 5 profondeurs : 5-10-20-40-80 cm.

Le 6 septembre, c'est sur les parcelles ayant porté le blé que la terre a été recueillie. Les mêmes niveaux de 5-10-20-40 et 80 cm sont encore retenus.

Le 30 septembre, les prélèvements furent faits après l'arrachage des betteraves aux mêmes profondeurs que le 9 juin et le 6 septembre.

Enfin le 16 novembre, c'est sur les chaumes, avant qu'ils ne soient retournés, que furent réalisés les prélèvements, aux mêmes profondeurs que le 6 septembre.

II. — TECHNIQUES ET MÉTHODES

A. — Échantillonnage.

Pour chaque demi-parcelle il est fait un choix, au hasard, de 5 emplacements. Sur 4 emplacements un trou est creusé aux dimensions suivantes : L = 40 cm, l = 30 cm, P = 30 cm.

Le 5e emplacement est fouillé plus profondément :

45 cm pour les parcelles 2 et 5 ;

80 cm pour les parcelles 3 et 4.

Lors de chaque prélèvement les coordonnées exactes de chaque trou sont dressées afin de bien situer les divers emplacements. Cette *carte des forages* est indispensable afin d'éviter de revenir sur le même emplacement au cours de prélèvements ultérieurs. Il faut souligner que toutes les précautions sont prises au cours du terrassement afin que les diverses couches de sol reprennent leurs niveaux respectifs après la prise d'échantillon. Nous pensons cependant qu'il sera préférable de ne pas revenir avant trois ans sur un même emplacement.

C'est afin de ne pas trop bouleverser les parcelles de ce champ d'expérience que nous avons intentionnellement réduit le nombre d'emplacements. Cependant l'homogénéité de chaque parcelle compense cette carence. C'est pour la même raison que nous avons limité les forages faits à 40 cm et surtout à 80 cm, d'autant plus qu'en profondeur l'homogénéité est encore plus grande, les différences s'étant montrées infimes d'une parcelle à l'autre.

Pour chacun des niveaux, l'échantillon moyen a été réalisé pour une même parcelle de la façon suivante : après avoir gratté la paroi du trou

au niveau intéressé avec un scalpel flambé préalablement, un tube de verre stérile (de 30-40 mm de diamètre) est présenté horizontalement contre cette paroi. Par l'ouverture du tube on recueille ainsi, à l'aide d'une légère pression, quelques fragments de terre. Le tube est rebouché après flambage de son extrémité. Il est réutilisé, pour le même niveau, aux divers emplacements choisis sur chaque parcelle. On recueille ainsi environ 50 g de terre.

Les prélèvements furent opérés sur les 5 emplacements pour les niveaux 5,10 et 20 cm. Au niveau 40 cm l'échantillon ne comporte qu'un seul emplacement par parcelle. Le niveau 80 cm ne fut étudié que sur 2 parcelles (3 et 4) et sur un seul emplacement. Les raisons de ces restrictions ont déjà été données plus haut.

Ainsi un prélèvement complet (par exemple le dernier, celui du 16 novembre) comportait 18 échantillons moyens que l'on peut schématiser de la façon suivante :

		Parcelles n°			
		2	3	4	5
Niveaux..... (profondeur)	5 cm	2*a*	3*a*	4*a*	5*a*
	10 cm	2*b*	3*b*	4*b*	5*b*
	20 cm	2*c*	3*c*	4*c*	5*c*
	40 cm	2*d*	3*d*	4*d*	5*d*
	80 cm		3*f*	4*f*	

18

Numérotage des échantillons

B. — **Préparation de l'inoculum.**

Ayant l'intention d'isoler le plus grand nombre d'espèces fongiques et d'en apprécier leur fréquence, c'est la méthode des dilutions qui a été retenue. Pour retirer les meilleurs renseignements d'une boîte de Pétri ensemencée avec un sol, l'expérience nous a montré qu'il doit y avoir environ 20 colonies et que ce chiffre ne doit pas dépasser 40. Sur cette base, un essai préalable effectué sur les mêmes sols nous a permis de préciser qu'il fallait utiliser une dilution au 1/1000e, à raison d'un cc de cette dilution par boîte de Pétri. Ainsi les germes isolés dans chaque boîte de Pétri provenant d'un cc d'une dilution de sol au 1/1 000 représentent aproximativement les germes d'un mg de terre.

Au laboratoire l'échantillon (qui représente un niveau donné d'une certaine parcelle) est bien agité afin d'obtenir une meilleure homogénéisation de l'échantillon moyen. Environ 15 g de terre sont transvasés du tube de prélèvement dans un erlenmeyer de 250 cc préalablement stérilisé et taré. Après pesée exacte du sol, une certaine quantité d'eau stérile est versée dans l'erlenmeyer afin d'obtenir une dilution au 1/10. Un cc de cette dilution est pipeté dans un erlenmeyer contenant 99 cc d'eau stérile afin d'obtenir une dilution au 1/1 000.

C. — Ensemencement.

Les milieux de culture utilisés sont répartis avant stérilisation dans des erlenmeyers à raison de 100 cc par erlenmeyer. Les erlenmeyers ainsi remplis sont maintenus au bain-marie réglé à 40-44°. Juste avant de couler les boîtes, l'erlenmeyer est retiré du bain-marie. Cinq cc de la dilution au 1/1 000 sont pipetés dans l'erlenmeyer, et le contenu de celui-ci est réparti après agitation, dans 5 boîtes de Pétri. Une légère agitation de la boîte est ensuite suffisante pour obtenir une homogénéisation parfaite de l'ensemencement. Pour chaque échantillon on ensemence 10 boîtes de Pétri. Après solidification du milieu les boîtes de Pétri sont mises à l'étuve à 20°-22°. Une température supérieure favorise les développements bactériens ainsi que certains éléments fongiques.

Au cours d'isolements antérieurs divers milieux de culture furent expérimentés. La pomme de terre, glucosée et gélosée, additionnée de rose bengale (au 1/15 000) donne de bons résultats lorsque les bactéries sont très nombreuses, malheureusement les colonies se distinguent fort mal par la suite, surtout à cause du revers. De plus quelques champignons sont plus ou moins gênés dans leur croissance.

Les milieux à la levure, en particulier le Czapeck + levure ne se montrèrent pas supérieurs au Czapeck. L'extrait de Dahlia gélosé « Difco » permet parfois d'isoler quelques Ascomycètes ; il en est de même des graines de chanvre utilisées comme milieu de culture. Les fragments de carottes favorisent le développement des Phycomycètes.

Après de multiples essais nous avons retenu deux milieux classiques : Czapeck et Malt.

Le Czapeck gélosé permet d'isoler et surtout de bien différencier sur les boîtes d'ensemencement les Penicillium, Aspergillus et Fusarium. Sur Malt gélosé on distingue facilement Phycomycètes et Dématiées. Nous utilisons le Maltea Mauser à 1 p. 100.

Dans nos essais les 10 boîtes furent ensemencées sur ces deux derniers milieux : 5 boîtes sur Czapeck et 5 sur Malt.

D. — Incubation.

Les boîtes de Pétri sont laissées à l'étuve environ 4-5 jours. Elles sont ensuite posées sur une table à la température de la pièce (14-18°) et à la lumière du jour afin que les diverses colonies prennent leur aspect normal et surtout leur couleur caractéristique. Généralement après 48 h, l'examen des boîtes est commencé. Au cours d'un premier examen, relativement rapide, les divers champignons sont notés boîte par boîte. On note également le nombre de colonies de chaque espèce, qui nous permettra ensuite d'établir la fréquence de chaque champignon.

Sur le revers de chaque boîte d'ensemencement un chiffre provisoire est inscrit à l'encre de Chine permettant de suivre ce pointage.

Chaque espèce est isolée soit sur boîte de Pétri soit directement sur tube couché lorsque la colonie initiale est suffisamment individualisée dans la boîte d'ensemencement. Toutes les colonies sont vérifiées soit après montage sur lame, ou bien seulement après isolement. Il faut souligner que l'essai préliminaire de mars nous a permis d'étudier et de connaître les espèces fongiques principales composant la microflore de ce terrain. Le pointage des prélèvements ultérieurs a pu ainsi être beaucoup plus rapide.

Examens divers et isolements permettent de procéder à un ou plusieurs dédoublements des souches primitives et d'aboutir à la liste définitive des espèces isolées. Il y a lieu, à ce moment là, de tenir compte des diverses synonymies pour l'établissement des divers tableaux de présence et de fréquence.

Chaque souche après détermination reçoit une référence qui est inscrite à l'inventaire des champignons de la Mycothèque du Laboratoire.

Chaque référence comprend deux lettres qui représentent soit un genre soit une famille ou bien un groupe de champignon. Ces deux lettres sont suivies d'un numéro d'ordre.

Voici les bases actuelles de la classification de notre Mycothèque :

Bc	Bactéries
Ac	Actinomycètes
PH	Phycomycètes
BA	Basidiomycètes
AS	Ascomycètes
SP	Sphaeropsidales
ML	Mélanconiales
MU	Mucédinées diverses
PN	Penicillium
AL	Aspergillus
DM	Dématiées
TU	Tubercula riacées diverses
FU	Fusarium
ST	Stilbacées
MY	Mycelia sterilia

III. — LISTE, RÉPARTITION SYSTÉMATIQUE ET FRÉQUENCE DES ESPÈCES ISOLÉES

A. — Liste des espèces isolées.

La reconnaissance des espèces dans les boîtes d'ensemencement est indispensable pour en permettre un comptage rapide ; elle n'a pu se faire avec la précision désirable, qu'une fois dressée la liste des espèces typiques de la microflore des sols limoneux cultivés de la région. Des stations diverses de terres à limons de l'exploitation de l'E.N.A. de Grignon (terres du plateau, des pentes, des bas-fonds) ont été prospectées dans cette intention depuis 1954. Ce délai nous a permis, par ailleurs, de mettre au point les techniques de prélèvement, d'ensemencement, d'isolement et de comptage, telles que nous les avons définies dans le chapitre précédent.

La microflore des parcelles de la Station Agronomique nous a ainsi livré d'emblée une microflore renfermant un nombre élevé d'espèces déjà connues, auxquelles notre œil s'était habitué, car l'aspect d'une colonie noyée dans le complexe bactério-fongique d'une boîte d'ensemencement est tout différent de celui qu'elle possède en culture pure. D'autre part la liste des espèces isolées dans les parcelles s'est montrée concordante avec celle dressée à partir des isolements faits dans les environs. Aussi la liste des espèces fréquentes, que nous avons établie pour les parcelles de la Station Agronomique représente-t-elle la microflore de base des sols de limons des plateaux dans le cadre des 500 ha de l'exploitation de l'E.N.A. de Grignon. Nous pensons, dans l'avenir, prospecter des stations plus lointaines possédant le même sol géologique, afin d'élargir la définition de cette microflore.

Le tableau n° I donne la liste des espèces isolées dans les parcelles de la Station Agronomique au cours des 5 prélèvements :

— 7 mars sole à betterave : 1 seul horizon 10-15 cm.
— 9 juin sole à betterave : 5-10-20-40-80 cm. prof.
— 6 septembre sole à blé (chaumes) : 5-10-20-40-80 cm prof.
— 30 septembre sole à betterave : 5-10-20-40-80 cm. prof.
— 16 novembre sole à blé (chaumes) : 5-10-20-40-80 cm. prof.

La dernière colonne indique pour chaque espèce sa présence au moins une fois dans les prospections des champs environnants.

Remarque. — Certaines espèces isolées uniquement en profondeur dans les parcelles de la Station n'ont pas été pointées dans les autres stations où les prélèvements ont toujours été superficiels.

B. — **Répartition systématique des espèces.**

Le dépouillement intégral de 3 prélèvements : Betterave juin, Blé septembre et Betterave septembre est consigné dans les tableaux II, III et IV. C'est à partir de ces tableaux que nous avons étayé les interprétations relatives à l'influence des différents facteurs envisagés.

Ces tableaux indiquent pour chaque espèce isolée :

D'une part pour chacune des 4 parcelles étudiées, la somme des colonies isolées aux horizons 5, 10, 20, 40 cm. de profondeur.

D'autre part pour chaque profondeur la somme des colonies de l'ensemble des quatre parcelles.

L'horizon 80 cm n'a été étudié :
que dans la parcelle « sans engrais depuis 1902 »,
dans le prélèvement « sole à betterave juin »,
que dans les parcelles « sans engrais depuis 1902 ».
et NPK dans les prélèvements « sole à blé septembre »,
et « sole à betterave » septembre.

Les trois dernières colonnes donnent respectivement :

le nombre de parcelles (sur 4 au total), où chaque espèce est représentée,

le nombre d'horizons où chaque espèce est représentée : c'est-à-dire sur un total d'horizons de :

17 soit 4 parc. × 4 prof. (5-10-20-40) + 1 prof. (80) pour le prélèvement Betterave-Juin,

18 soit 4 parc. × 4 prof. (5-10-20-40) + 2 prof. (80) pour les prélèvements Betterave-Blé-septembre.

— le nombre total de colonies isolées (excepté celles isolées dans le ou les niveaux 80 cm).

La répartition systématique des espèces isolées dans les prélèvements du 9 juin, du 6 septembre et du 30 septembre est consignée dans les tableaux V, VI et VII, suivant les parcelles et suivant les profondeurs. On peut résumer les résultats de ces 3 tableaux dans les tableaux VIII et IX.

On constate qu'il n'y a pas de modifications très sensibles dans le comportement des groupes systématiques, suivant la date du prélèvement. De juin à septembre on note une réduction des Phycomycètes et des Ascomycètes, agissant d'abord sur le nombre des colonies et ensuite sur le nombre des espèces ; dès le mois de novembre le nombre des espèces de Phycomycètes s'est sensiblement relevé, alors que celui des Ascomycètes est toujours aussi réduit. Ce déficit est compensé par un accroissement des Hyphales de façon générale, surtout au profit des Mucédinées autres que les Penicillium ou les Aspergillus, des Dématiées et des Stilbacées, alors que les Tuberculariacées sont nettement en régression. Les Mélanconiées ainsi que les Sphaeropsidées sont relativement stables.

Il est intéressant de souligner que les Ascomycètes, s'ils ne représentent que 1 p. 100 du nombre des colonies isolées, représentent par contre près de 10 p. 100 du nombre des espèces isolées. Il n'y a pas d'ailleurs de relations entre le nombre des espèces isolées et celui des colonies correspondantes ; ainsi le nombre des espèces isolées au cours des prélèvements de juin et de septembre est pratiquement le même, alors que celui des colonies isolées passe de 2 300 le 9 juin, à 1516 le 6 septembre et à 1064 le 30 septembre.

Les 126 espèces isolées dans les prélèvements du 9 juin et du 6 septembre, correspondant à 3 817 colonies se répartissent suivant les groupes systématiques de la façon suivante :

Phycomycètes. 8 espèces pour 315 colonies soit 8 p. 100 du nombre total de colonies isolées. Ce groupe semble préférer des conditions climatiques opposées à celles de la majorité des autres groupes ; ce qui explique leur optimum de développement pendant les époques où le sol est saturé

Tableau I

LISTE DES ESPÈCES ISOLÉES

Nos des Souches	Nom des espèces	Sole					Autres stations des environs
		Betterave			Blé		
		7 mars	9 juin	30 sept.	6 sept.	16 nov.	
	PHYCOMYCÈTES						
PH 11	*Mortierella renispora* Dix.-St.	+	+	+	+	+	+
PH 20	*Actinomucor repens* Scho.	+	+		+	+	+
PH 16	*Absidia spinosa* Lendn.		+	+	+	+	+
MU 3	*Mucor adventitius* Oud., *var. aur.* Lendn.		+	+	+	+	+
PH 15	*Absidia glauca* Hagem	+	+			+	+
PH 1	*Pythium spinosum* Saw.	+	+				+
PH 21	*Rhizopus* sp.	+			+		+
MU 1	*Mucor circinelloides* V. Th.	+					+
PH 3	*Pythium* sp.	+					
MU 11	*Mucor hiemalis* Weh.	+					
MU 12	*Mucor* sp.	+					
MU 13	*Mucor* sp.	+					
MU 14	*Mucor* sp.	+					
PH 35	*Coemensia pectinata* (Coem.) Bain.		+				
PH 40	*Cunninghamella* sp.					+	
	ASCOMYCÈTES						
PN 16	*Penicillium asperum* Shear		+	+	+	+	+
AS 75	*Microascus* sp.	+	+		+		
AS 85	*Neocosmospora* sp.	+	+				+
AS 30	*Chaetomidium fimeti* Fuck			+	+	+	+
AS 60	*Gymnoascus* sp.		+		+		
AS 85	*Gymnoascus* sp.		+		+		
PN 87	*Penicillium vermiculatum* Dang.		+			+	
AS 7	*Chaetomium globosum* Kunze				+	+	
AS 14	*Sporormia* sp.			+	+		+
AL 9	*Aspergillus nidulans* (Eid.) Wint.		+				
AS 95	*Rosellinia* sp.		+				
AS 90	*? associé à un Graphium* sp.		+				
AS 6	*Chaetomium bostrychodes* Zopf		+				
AS 99	*Pleospora herbarum* (P.) Rab.			+	+		
AS 72	*Melanospora* sp.			+	+		
AS 8	*Chaetomium* sp.					+	
	MUCÉDINÉES						
MO 18	*Cephalosporiopsis imperfecta* F. Moreau	+	+	+	+	+	+
MO 3	*Gliocladium roseum* (Link) Thom	+	+	+	+	+	+
MO 1	*Gliocladium catenulatum* Gil. et Abb.	+	+	+	+	+	+
MO 20	*Trichoderma lignorum* (Tode) Harz.	+	+	+	+	+	+
MO 38	*Botryotrichum piluliferum* Sacc. et March.	+	+	+	+	+	+
MO 25	*Spicaria violacea* Abb.	+	+	+	+	+	+
MO 30	*Scopulariopsis brevicaulis* Bain.	+	+	+	+	+	+
MO 12	*Sporotrichum* sp.	+	+	+	+	+	+
MO 45	*Cephalosporium* sp. rose	+	+	+	+	+	
MO 7	*Verticillium* sp. blanc-vert	+	+	+	+	+	
MO 5	*Acrostalagmus lateritius* Berk.	+	+	+		+	+
MO 35	*Gliobotrys* sp.	+	+		+	+	+
MO 16	*Cephalosporium* sp. à sclérotes		+	+	+	+	+
MO 4	*Gliocladium fimbriatum* Gil. et Abb.	+	+		+		+
MO 46	*Cephalosporium* sp. vert		+	+	+	+	
MO 60	*Mucédinée* sp.		+	+	+	+	

Nos des Souches	Nom des espèces	Sole					Autres stations des environs
		Betterave			Blé		
		7 mars	9 juin	30 sept.	6 sept.	16 nov.	
MO 23	*Trichoderma album* PREUSS		+	+	+	+	
MO 31	*Scopulariopsis* sp. noir		+		+	+	
MO 3 b.	*Gliocladium* sp.			+	+	+	
MO 40	*Arthrobotrys superba* CORDA				+	+	+
MO 10	*Sepedonium* sp.	+					+
MO 50	*Geotrichum* sp.		+		+		
MO 26	*Spicaria* sp.		+			+	
MO 51	*Geotrichum* sp.			+		+	
MO 32	*Scopulariopsis* sp. violet			+		+	
MO 8	*Verticillium* sp.			+		+	
MO 61	*Mucédinée* sp.			+		+	
MO 33	*Scopulariopsis* sp.			+			
MO 47	*Cephalosporium* sp.				+		
MO 48	*Cephalosporium* sp.					+	
MO 70	*Mucédinée* sp.					+	
MO 42	*Botrytis cinerea* PERS., FR.					+	
MO 13	*Sporotrichum* sp.					+	
	PENICILLIUM						
PN 15	*P. lilacinum Thom*	+	+	+	+	+	+
PN 20	*P. canescens Sopp*	+	+	+	+	+	+
PN 21 b.	*Penicillium* sp. nov.	+	+	+	+	+	+
PN 63	*P. urticae Bain.*	+	+	+	+	+	+
PN 83	*P. tardum Thom*	+	+	+	+	+	+
PN 6	*P. restrictum* GIL. et ABB.	+	+	+	+	+	+
PN 1	*P. frequentans* WEST.	+	+	+			+
PN 61	*P. puberulum* BAIN.	+	+		+		+
PN 18	*P. raistrickii* SM.	+				+	+
PN 85	*P. variabile* SOPP		+	+			+
PN 60	*P. expansum* LINK		+	+			+
PN 43	*P.* sp.			+	+	+	+
PN 5	*P. spinulosum* THOM	+	+				
PN 37	*P. stoloniferum* THOM	+					+
PN 84	*P. funiculosum* THOM			+	+		
PN 24	*P. megasporum* ORP. et FENN.			+	+		
PN 25	*P. simplicissimum* (OUD.) THOM			+	+		
PN 44	*P. cyaneo-fulvum* BIOURGE				+		+
PN 62	*P. palitans* WEST.				+		+
PN 31	*P. chrysogenum* THOM				+		+
PN 86	*P. diversum, var. aureum* RAP. et FENN.		+				
PN 40 b.	*P. paxilli* BAIN.			+			
PN 70	*P. corymbiferum* WEST.			+			
PN 46	*P. lanoso-coeruleum* THOM			+			
PN 69	*P.* sp.			+			
PN 38 b.	*P. brevicompactum* DIERCKX			+			
PN 35	*P. citrinum* THOM				+		
PN 64	*P. martensii* BIOURGE				+		
PN 23	*P. janthinellum* BIOURGE				+		
PN 36	*P.* sp.				+		
	ASPERGILLUS						
AL 7	*Aspergillus wentii Wehm.*	+	+	+	+	+	+
AL 3	*A. fumigatus Fres.*	+	+	+	+	+	+
AL 5	*A. quercina* (BAIN.) THOM et CHURCH		+	+		+	+
AL 6	*A. versicolor* (Vuill.) Tir.		+		+	+	+
AL 2	*A. flavipes* (B. et S.) THOM et CHURCH		+	+			+
AL 4	*A. niger* V. Tiegh.	+					+
AL 10	*A. ustus* (B.) THOM et CHURCH	+					
AL 11	*A. restrictus* G. Sm.				+		

Nos des Souches	Nom des espèces	Sole					Autres stations des environs
		Betterave			Blé		
		7 mars	9 juin	30 sept.	6 sept.	16 nov.	
	DÉMATIÉES						
DM 1	*Stachybotrys alternans* BONORDEN	+	+	+	+	+	+
DM 31	*Monotospora* sp.	+	+	+	+	+	+
DM 10	*Gliomastix convoluta* (HARZ) MARCH..	+	+	+	+	+	+
DM 19	*Hormodendrum* sp.	+	+	+	+	+	+
DM 8	*Alternaria tenuississima* (FR.) WILTSH	+	+	+		+	+
DM 60	*Curvularia* sp.	+	+	+		+	
DM 50	*Rhinotrichum* sp.	+	+	+		+	
DM 35	*Papularia sphaerosperma* (PERS.) V. HÖHN	+	+				+
DM 15	*Stemphylium ilicis Tengw.*	+				+	+
DM 4	*Stachybotrys atra Corda*		+			+	+
DM 32	*Monotospora* sp.			+	+	+	
DM 75	*Oidiodendrum* sp.			+		+	
DM 70	*Dématiée* sp.				+	+	
DM 46	*Periconia* sp.		+				
DM 11	*Alternaria* sp.			+			
DM 12	*Alternaria* sp.			+			
	STILBACÉES						
ST 1	*Tilachlidium racemosum Oud.*	+	+	+	+	+	+
ST 8	*Stysanus* sp.	+	+	+	+	+	+
ST 5	*Trichurus gorgonifer Bain.*	+	+	+		+	+
ST 15	*Graphium* sp.			+			
ST 9	*Echinobotryum pulvinatum* MARCH....					+	
	TUBERCULARIACÉES						
TU 5	*Myrothecium* sp.	+	+	+	+	+	+
TU 1	*Volutella* sp.	+	+			+	+
TU 6	*Myrothecium* sp.	+	+		+		
TU 2	*Volutella* sp.		+	+			
TU 7	*Dendrochium* sp.				+		
TU 8	*Epicoccum neglectum Desm.*					+	
TU 9	*Epicoccum* sp.					+	
TU 10	*Myrothecium* sp.					+	
TU 11	*Illosporium* sp.					+	
	FUSARIUM						
FU 10	*Fusarium bulbigenum* COOKE et MASSEE	+	+	+	+	+	+
FU 6	*Fusarium solani* (MART.) APP. et WR.	+	+	+	+	+	+
FU 11	*Fusarium oxysporum ?*	+	+	+	+	+	+
FU 3	*Fusarium equiseti* (CORDA) SACC.	+	+		+	+	+
FU 16	*Fusarium lateritium* NEES.			+	+	+	
FU 1	*Fusarium culmorum* (W. G. Sm.) Sacc.				+	+	+
FU 18	*Fusarium sambucinum f. II* (FUCK.) WR.		+			+	
FU 17	*Fusarium solani, var. adunc.* WR.				+		
	CYLINDROCARPON						
TU 12	*Cylindrocarpon* sp.		+	+	+	+	
TU 10	*Cylindrocarpon* sp.		+		+		
TU 11	*Cylindrocarpon* sp.		+				
TU 13	*Cylindrocarpon* sp.				+		
	MÉLANCONIÉES						
ML 1	*Pestalozzia* sp.	+	+	+	+	+	+
ML 3	*Gloeosporium* sp.		+	+	+	+	
ML 4	*Colletotrichum* sp.			+		+	
ML 2	*Monochaetia* sp.		+				

Tableau II

RÉPARTITION DES ESPÈCES SELON LES PARCELLES ET LES PROFONDEURS POUR LE PRÉLÈVEMENT RÉALISÉ SUR LA SOLE A BETTERAVES LE 9 JUIN 1955

	Souches	Somme des colonies isolées pour chaque parcelle sur l'ensemble des 4 profondeurs 5-10-20-40 cm				Somme des colonies isolées à chacune des profondeurs 5-10-20-40 sur l'ensemble des 4 parcelles				S. E. 1902	Nombre de		Total des colonies isolées sauf à 80 cm
		Fumure		Sans engrais depuis		5	10	20	40	80	Parcelles	Horizons	
		Fumier	NPK	1902	1875								
PHYCOMYCÈTES		*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*b*			
Mortierella renispora	PH 11	43	39	54	58	57	54	55	28	11	4	17	194
Actinomucor repens	PH 20	3	1	—	—	1	2	1	—	—	2	4	4
Absidia spinosa	PH 16	1	1	—	—	1	—	1	—	—	2	2	2
Coemonia pectinata	PH 35	—	4	2	—	—	—	—	6	—	2	1	6
Mucor adventitius	MU 40	—	17	—	1	1	17	—	—	—	2	2	18
Absidia glauca	PH 15	4	—	—	—	3	1	—	—	—	1	2	4
Pythium spinosum	PH 1	1	—	—	—	+	—	—	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		5	5	2	2	6	4	3	2	1			
Nombre de colonies		52	62	56	59	64	74	57	34	**11**			**229**
ASCOMYCÈTES													
Penicillium asperum	PN 16	—	3	—	2	—	1	4	—	—	2	2	5
Neocosmospora sp.	AS 80	1	2	—	—	1	1	—	1	—	2	3	3
Gymnoascus sp.	AS 85	—	1	—	1	1	—	1	—	—	2	2	2
Graphium sp.	AS 90	6	—	—	—	—	1	5	—	—	1	2	6
Microascus sp.	AS 75	1	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1
Aspergillus nidulans	AL 9	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Penicillium vermiculatum	PN 87	1	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1
Chaetomium bostrychodes	AS 6	—	1	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1
Rosellinia sp.	AS 95	—	1	—	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Gymnoascus sp.	AS 60	—	—	10	—	—	—	—	10	—	1	1	10
Nombre d'espèces		5	5	1	2	3	5	5	2	—			
Nombre de colonies		10	6	10	3	3	6	11	11	**0**			**31**

a nombre de colonies correspondant à 20 mg de terre.
b nombre de colonies correspondant à 5 mg de terre.

TABLEAU II *(suite)*

	Souches	Somme des colonies isolées pour chaque parcelle sur l'ensemble des 4 profondeurs 5-10-20-40 cm				Somme des colonies isolées à chacune des profondeurs 5-10-20-40 sur l'ensemble des 4 parcelles				S. E. 1902 80	Nombre de		Total des colonies isolées sauf à 80 cm
		Fumure		Sans engrais depuis		5	10	20	40		Parcelles	Horizons	
		Fumier	NPK	1902	1875								
MUCÉDINÉES													
		a	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*b*			
Cephalosporiopsis imperfecta	MO 18	31	100	26	38	45	40	19	1	—	4	13	105
Gliocladium roseum	MO 3	38	31	6	12	35	25	26	1	—	4	13	87
Verticillium sp.	MO 7	31	7	15	20	23	28	20	2	—	4	13	73
Cephalosporium sp.	MO 45	16	18	13	15	23	14	24	1	—	4	10	62
Cephalosporium à sclérotes	MO 16	6	12	12	5	7	10	13	5	—	4	12	35
Spicaria violacea	MO 25	4	1	13	5	6	12	4	1	—	4	10	23
Trichoderma lignorum	MO 20	11	4	2	5	12	6	4	—	—	4	10	22
Cephalosporium sp.	MO 46	3	5	3	3	—	—	—	14	—	4	1	14
Gliobotrys sp.	MO 35	3	3	1	6	5	2	5	1	—	4	10	13
Mucédinée sp.	MO 60	5	2	2	1	1	0	7	2	—	4	7	10
Gliocladium catenulatum	MO 1	2	5	2	1	7	1	2	—	—	4	5	10
Gliocladium fimbriatum	MO 4	—	2	4	6	3	5	4	—	—	3	7	12
Botryotrichum piluliferum	MO 38	1	1	—	—	1	—	1	—	—	2	2	2
Trichoderma album	MO 23	5	—	—	3	3	1	4	—	—	2	3	8
Verticillium lateritium	MO 5	4	1	—	—	1	1	3	—	—	2	4	5
Geotrichum sp.	MO 50	—	6	—	—	—	—	6	—	—	1	1	6
Scopulariopsis brevicaulis	MO 30	3	—	—	—	1	1	1	—	—	1	3	3
Scopulariopsis sp.	MO 31	—	1	—	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Spicaria sp.	MO 26	—	—	—	1	—	—	—	1	—	1	1	1
Sporotrichum sp.	MO 12	—	—	+	—	—	—	—	—	1	1	1	
Nombre d'espèces		15	16	12	14	15	13	17	10	1			
Nombre de colonies		163	109	99	121	173	146	144	29	**1**			**492**

a nombre de colonies correspondant à 20 mg de terre.
b nombre de colonies correspondant à 5 mg de terre.

TABLEAU II *(suite)*

	Souches	Somme des colonies isolées pour chaque parcelle sur l'ensemble des 4 profondeurs 5-10-20-40 cm				Somme des colonies isolées à chacune des profondeurs 5-10-20-40 sur l'ensemble des 4 parcelles				S. E. 1902 80	Nombre de		Total des colonies isolées sauf à 80 cm
		Fumure		Sans engrais depuis		5	10	20	40		Parcelles	Horizons	
		Fumier	NPK	1902	1875								
PENICILLIUM													
		a	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*b*			
Penicillium lilacinum	PN 15	78	164	119	86	40	44	92	271	74	4	17	447
Penicillium sp.	PN 21 *b*	50	30	5	18	35	45	21	2	1	4	14	103
Penicillium canescens	PN 20	75	84	35	28	107	72	43	—	—	4	12	222
Penicillium urticae	PN 63	1	1	2	1	2	—	2	1	—	4	4	5
Penicillium tardum	PN 83	2	8	—	—	3	5	—	2	—	2	5	10
Penicillium spinulosum	PN 5	1	—	2	—	1	—	—	2	1	2	3	3
Penicillium restrictum	PN 6	1	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1
Penicillium frequentans	PN 1	—	1	—	1	1	—	1	—	—	2	2	2
Penicillium variabile	PN 84	—	2	—	—	—	—	2	6	—	1	1	2
Penicillium puberulum	PN 61	—	—	1	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Penicillium diversum v. aureum	PN 85	—	—	1	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Penicillium expansum	PN 60	—	—	—	7	—	—	7	—	—	1	1	7
Nombre d'espèces		7	7	7	6	9	5	7	5	3			
Nombre de colonies		208	290	165	141	191	167	168	278	**76**			**804**
(excepté colonies *P. lilac.*)						151	123	76	7	2			
		9 esp. 498 col.		9 esp. 306 col.									
ASPERGILLUS													
Aspergillus aculeatus	AL 7	2	3	2	2	3	3	1	2	—	4	7	9
Aspergillus fumigatus	AL 3	9	4	+	3	6	6	3	4	1	4	10	16
Aspergillus versicolor	AL 6	4	1	1	—	2	2	2	—	—	3	6	6
Aspergillus quercina	AL 5	—	—	1	1	—	2	—	—	—	2	2	2
Aspergillus flavipes	AL 2	—	—	—	1	—	1	—	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		3	3	3	4	3	5	3	2	1			
Nombre de colonies		15	8	4	7	11	11	6	6	**1**			**34**

a nombre de colonies correspondant à 20 mg de terre.
b nombre de colonies correspondant à 5 mg de terre.

TABLEAU II *(suite)*

	Souches	Somme des colonies isolées pour chaque parcelle sur l'ensemble des 4 profondeurs 5 10 20 40 cm				Somme des colonies isolées à chacune des profondeurs 5 10 20 40 sur l'ensemble des 4 parcelles				S. E. 1902 80	Nombre de		Total des colonies isolées sauf à 80 cm
		Fumure		Sans engrais depuis		5	10	20	40		Parcelles	Horizons	
		Fumier	NPK	1902	1875								
DÉMATIÉES													
1° Espèces favorisées par la fumure :		*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*b*			
Monotospora sp.	DM 31	11	20	10	5	14	8	15	9	—	4	16	46
Stachybotrys alternans	DM 1	32	13	13	10	22	28	18	—	—	4	12	68
Stachybotrys atra	DM 4	1	2	—	—	1	2	—	—	—	2	2	3
Alternaria tenuississima	DM 8	2	2	—	—	0	1	1	2	—	2	3	4
Nombre d'espèces		4	4	2	2								
Nombre de colonies		46	37	23	15								
		4 esp. 83 col.		2 esp. 38 col.									
2° Espèce indifférente à la fumure :													
Gliomastix convoluta	DM 10	8	10	8	9	1	6	12	16	—	4	12	35
3c Espèces défavorisées par la fumure :													
Periconia sp.	DM 46	1	1	1	5	4	3	1	—	1	4	6	8
Curvularia sp.	DM 60	—	—	3	6	2	5	2	—	—	2	6	9
Papularia sphaerosperma	DM 35	—	—	2	1	1	2	—	—	—	2	2	3
Hormodendrum sp.	DM 19	—	—	—	1	1	—	—	—	—	1	1	1
Rhinotrichum sp.	DM 50	—	—	1	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		1	1	4	4								
Nombre de colonies		1	1	7	13								
		1 esp. 2 col.		5 esp. 20 col.									
Ensemble des Dématiées :													
Nombre d'espèces		6	6	7	7	8	8	7	3	1			
Nombre de colonies		55	47	38	37	46	55	50	27	1			178

a nombre de colonies correspondant à 20 mg de terre.
b nombre de colonies correspondant à 5 mg de terre.

TABLEAU II *(suite)*

	Souches	Somme des colonies isolées pour chaque parcelle sur l'ensemble des 4 profondeurs 5 10 20 40 cm				Somme des colonies isolées à chacune des profondeurs 5 10 20 40 sur l'ensemble des 4 parcelles				S. E. 1902 80	Nombre de		Total des colonies isolées sauf à 80 cm
		Fumure		Sans engrais depuis		5	10	20	40		Parcelles	Horizons	
		Fumier	NPK	1902	1875								
STILBACÉES		*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*b*			
Tilachlidium racemosum	ST 1	5	6	4	2	2	6	7	2	—	4	8	17
Trichurus gorgonifer	ST 5	3	3	—	2	2	2	3	1	—	3	8	8
Stysanus sp.	ST 8	1	—	+	—	—	—	—	1	1	2	2	1
Nombre d'espèces		3	2	1	2	2	2	2	3	1			
Nombre de colonies		9	9	4	4	4	8	10	4	**1**			
		3 esp. 18 col.		2 esp. 8 col.									**26**
TUBERCULARIACÉES													
Myrothecium sp.	TU 5	8	4	19	8	13	21	4	1	—	4	11	39
Volutella sp.	TU 1	5	3	—	2	3	5	2	—	—	3	6	10
Volutella sp.	TU 2	4	—	1	3	3	2	3	—	—	3	7	8
Myrothecium sp.	TU 6	—	1	1	1	—	3	—	—	—	3	3	3
Nombre d'espèces		3	3	3	4	3	4	3	1				
Nombre de colonies		17	8	21	14	19	31	9	1	**0**			**60**
FUSARIUM ET CYLINDROCAR.													
Fusarium bulbigenum	FU 10	13	14	12	6	16	17	12	—	—	4	12	45
Fusarium oxysporum	FU 11	6	3	9	8	8	16	2	—	—	4	9	26
Fusarium solani	FU 6	5	6	3	7	3	6	5	7	2	4	16	21
Fusarium equiseti	FU 3	1	—	—	1	1	1	—	—	—	2	2	2
Fusarium sambucinum f. II	FU 17	2	—	—	—	—	2	—	—	—	1	1	2
Fusarium semitectum	FU 4	—	—	2	—	—	—	2	—	—	1	1	2
Cylindrocarpon sp.	TU 12	1	3	4	1	4	1	3	1	—	4	7	9
Cylindrocarpon sp.	TU 10	—	—	—	2	—	—	2	—	—	1	1	2
Cylindrocarpon sp.	TU 11	—	—	+	—	—	—	—	—	2	1	1	
Nombre d'espèces		6	4	5	6	5	6	6	2	2			
Nombre de colonies		28	26	30	25	32	43	26	8	**4**			**109**
		6 esp. 54 col.		8 esp. 55 col.									

a nombre de colonies correspondant à 20 mg de terre.
b nombre de colonies correspondant à 5 mg de terre.

TABLEAU II *(suite et fin)*

	Souches	Somme des colonies isolées pour chaque parcelle sur l'ensemble des 4 profondeurs 5-10-20-40 cm				Somme des colonies isolées à chacune des profondeurs 5 10 20 40 sur l'ensemble des 4 parcelles				S. E. 1902	Nombre de		Total des colonies isolées sauf à 80 cm
		Fumure		sans engrais depuis		5	10	20	40	80	Parcelles	Horizons	
		Fumier	NPK	1902	1875								
MÉLANCONIÉES		*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*b*			
Pestalozzia sp.	ML 1	5	8	12	12	14	13	9	1	—	4	13	37
Gloeosporium sp.	ML 3	6	5	11	6	3	3	9	13	1	4	14	28
Monochaetia sp.	ML 2	—	—	+	—	—	—	—	—	1	1	1	—
Nombre d'espèces		2	2	2	2	2	2	2	2	2			
Nombre de colonies		11	13	23	18	17	16	18	14	**2**			**65**
		2 esp. 24 col.		2 esp. 41 col.									
SPHÉROPSIDÉES													
Pyrenochaeta sp.	SP 20	35	25	28	26	35	43	33	3	2	4	15	114
Phoma sp.	SP 9	37	56	16	22	35	70	26	—	—	4	10	131
Coniothyrium sp.	SP 18	2	—	—	—	1	—	—	1	—	1	2	2
Selenophoma sp.	SP 11	1	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		4	2	2	2	3	3	2	2	2			
Nombre de colonies		75	81	44	48	71	114	59	4	**2**			**248**
		4 esp. 156 col.		2 esp. 92 col.									
« MYCÉLIUM » STÉRILES													
?	MY 7	7	6	3	4	4	8	5	3	—	4	13	20
Papulospora sp.	MY 2	—	—	2	—	—	—	2	—	—	1	1	2
?	MY 8	—	—	1	—	—	1	—	—	—	1	1	1
?	MY 6	—	1	—	—	—	—	—	1	—	1	1	1
Nombre d'espèces		7	7	6	4	4	9	7	4	—			
Nombre de colonies		1	2	3	1	1	2	2	2	**0**			**24**

a nombre de colonies correspondant à 20 mg de terre.
b nombre de colonies correspondant à 5 mg de terre.

TABLEAU III

RÉPARTITION DES ESPÈCES SELON LES PARCELLES ET LES PROFONDEURS POUR LE PRÉLÈVEMENT RÉALISÉ SUR LA SOLE A BLÉ LE 6 SEPTEMBRE 1955.

	Souches	Somme des colonies isolées pour chaque parcelle sur l'ensemble des 4 profondeurs 5 10 20 40 cm				Somme des colonies isolées à chacune des profondeurs 5 10 20 40 cm sur l'ensemble des 4 parcelles				S. E. depuis 1902 et NPK 80	Nombre de		Total des colonies isolées sauf à 80 cm
		Fumure		Sans engrais depuis		5	10	20	40		Parcelles	Horizons	
		Fumier	NPK	1902	1875								
PHYCOMYCÈTES													
		a	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*b*			
Mortierella renispora	PH 11	18	26	19	15	18	17	25	18	14	4	18	78
Absidia spinosa	PH 16	4	—	—	—	—	—	1	3	—	1	2	4
Mucor adventitius v. aur.	MO 3	—	1	—	1	—	—	2	—	—	2	1	2
Actinomucor repens	PH 20	—	—	1	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Rhizopus sp.	PH 22	—	—	1	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		2	2	3	2	2	1	4	2	1			
Nombre de colonies		22	27	21	16	19	17	29	21	**14**			**86**
ASCOMYCÈTES													
Chaetomium globosum	AS 7	1	+	—	—	—	—	1	—	1	2	2	1
Pleospora herbarum	AS 99	1	—	1	—	—	—	—	2	—	2	1	2
Sporormia sp.	AS 14	2	—	—	—	2	—	—	—	—	1	1	2
Chaetomidium fimeti	AS 30	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Melanospora sp.	AS 72	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Microascus sp.	AS 75	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Gymnoascus sp.	AS 85	1	—	—	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Penicillium asperum	PN 16	—	2	—	—	—	—	1	1	—	1	2	2
Gymnoascus sp.	AS 60	—	—	1	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		7	1	2	0	5	0	3	2	1			
Nombre de colonies		8	2	2	0	6	0	3	3	**1**			**12**
MUCÉDINÉES													
Cephalosporiopsis imperfecta	MO 18	26	50	21	13	38	45	22	5	2	4	17	110
Gliocladium roseum	MO 3	5	5	—	—	4	3	3	—	—	2	6	10
Verticillium sp.	MO 7	45	54	22	23	45	52	41	6	2	4	15	144
Cephalosporium sp.	MO 45	6	6	11	2	3	12	10	—	—	4	8	25
Cephalosporium à sclérotes	MO 16	4	3	2	1	3	2	3	2	1	4	9	10
Spicaria violacea	MO 25	10	4	14	6	4	13	11	6	—	4	13	34

Cephalosporium sp.	MO 46	2	3	1	7	—	—	—	13	1	4	5	13	
Gliobotrys sp.	MO 35	3	—	—	—	1	2	—	—	—	1	2	3	
Mucedinée sp.	MO 60	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1	
Gliocladium catenulatum	MO 1	—	1	—	—	—	—	1	1	2	1	2	1	
Gliocladium fimbriatum	MO 4	—	2	1	—	2	1	—	—	—	2	2	3	
Botrytotrichum piluliferum	MO 38	1	—	+	—	—	—	1	—	1	2	2	1	
Trichoderma album	MO 23	2	—	—	—	1	1	—	—	—	1	2	2	
Scopulariopsis brevicaulis	MO 30	1	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1	
Scopulariopsis sp.	MO 31	2	—	—	—	1	1	—	—	—	1	2	2	
Sporotrichum sp.	MO 12	—	—	1	2	—	3	—	—	—	2	1	3	
Arthrobotrys superba	MO 40	—	—	—	1	—	—	1	—	—	1	1	1	
Cephalosporium sp.	MO 47	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1	
Gliocladium sp.	MO 3 *b*	—	—	—	13	—	—	—	13	—	1	1	13	
Nombre d'espèces		15	10	9	9	13	13	10	6	6				**399**
Nombre de colonies		119	136	76	68	111	141	102	45	9				

PENICILLIUM

Penicillium lilacinum	PN 15	29	101	91	98	29	21	55	214	28	4	18	319	
Penicillium sp.	PN 21 *b*	17	19	6	3	17	17	11	—	—	4	11	45	
Penicillium canescens	PN 20	33	57	13	8	33	40	36	2	—	4	13	111	
Penicillium restrictum	PN 2	6	23	3	2	15	7	12	—	—	4	9	34	
Penicillium cyaneo-fulvum	PN 44	7	—	—	—	3	1	1	2	—	1	4	7	
Penicillium janthinellum	PN 23	1	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	1	
Penicillium martensii	PN 64 *b*	1	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1	
Penicillium urticae	PN 63	—	2	—	—	—	1	1	—	—	1	2	2	
***Penicillium* sp.**	PN 43	—	2	—	—	2	—	—	—	—	1	1	2	
Penicillium sp.	PN 26	—	1	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1	
Penicillium puberulum	PN 61	—	1	—	—	—	—	—	1	—	1	1	1	
Penicillium chrysogenum	PN 31	—	1	—	—	—	—	—	1	—	1	1	1	
Penicillium megasporum	PN 24	—	1	—	—	—	—	—	1	—	1	1	1	
Penicillium tardum	PN 83	—	—	1	—	—	1	—	—	—	1	1	1	
Penicillium funiculosum	PN 84	—	—	—	2	—	2	—	—	—	1	1	2	
Penicillium citrinum	PN 35	—	—	—	1	—	1	—	—	—	1	1	1	
Penicillium simplicissimum	PN 25	—	+	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	
Nombre d'espèces		7	10	5	6	6	11	6	7	2				**530**
Nombre de colonies		94	208	114	114	99	93	116	222	9				
(Sauf *Penicillium lilacinum*)		65	107	23	16	70	72	61	8	1				
		13 esp. 302 col.		7 esp. 228 col.										

ASPERGILLUS

Aspergillus wentii	AL 7	3	3	—	1	3	3	1	—	—	3	5	7	
Aspergillus restrictus	AL 11	2	—	—	—	1	1	—	—	—	1	2	2	
Aspergillus versicolor	AL 6	—	—	+	—	—	—	—	—	1	1	1	—	
Nombre d'espèces		2	1	0	1	2	2	1	—	1				**9**
Nombre de colonies		5	3	0	1	4	4	1	—	1				

a nombre de colonies correspondant à 20 mg de terre.
b nombre de colonies correspondant à 10 mg de terre.

TABLEAU III *(Suite)*

RÉPARTITION DES ESPÈCES SELON LES PARCELLES ET LES PROFONDEURS POUR LE PRÉLÈVEMENT RÉALISÉ SUR LA SOLE A BLÉ LE 6 SEPTEMBRE 1955.

	Souches	Somme des colonies isolées pour chaque parcelle sur l'ensemble des 4 profondeurs 5 10 20 40 cm				Somme des colonies isolées à chacune des profondeurs 5 10 20 40 cm sur l'ensemble des 4 parcelles				S. E. depuis 1902 et NPK 80	Nombre de		Total des colonies isolées sauf à 80 cm
		Fumure		Sans engrais depuis		5	10	20	40		Parcelles	Horizons	
		Fumier	NPK	1902	1875								
DÉMATIÉES													
1° Espèces favorisées par la fumure :		*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*b*			
Monospora	DM 31	6	1	11	5	4	13	5	—	1	4	9	22
Stachybotrys alternans	DM 1	8	11	6	2	7	10	9	1	—	4	12	27
Alternaria tenuississima	DM 8	3	—	+	1	2	—	—	2	1	2	2	4
Nombre d'espèces		3	2	2	3								
Nombre de colonies		20	12	17	8								
		4 esp. 32 col.		3 esp. 25 col.									
2° Espèces indifférentes :													
Gliomastix convoluta	DM 10	4	4	10	13	7	7	11	6	2	4	15	31
3° Espèces défavorisées par la fumure :													
Hormodendrum sp.	DM 19	4	6	8	2	7	2	9	2	5	4	12	20
Rhinotrichum sp.	DM 50	—	3	20	15	19	10	9	—	—	3	7	38
Monolospora sp.	DM 32	6	1	16	16	12	19	8	—	1	4	10	39
Dématiée sp.	DM 70	—	—	1	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Dendryphium sp.	DM 5	—	1	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		2	4	4	3	8	6	7	4	5			
Nombre de colonies		10	11	45	33	59	61	52	11	10			
		4 esp. 21 col.		4 esp. 78 col.									
Ensemble des Dématiées :													
Nombre d'espèces		6	7	7	7	8	6	7	4	5			
Nombre de colonies		31	27	71	54	59	61	52	11	10			183
		8 esp. 54 col.		8 esp. 125 col.									
STILBACÉES													
Tilachlidium racemosum	ST 1	9	9	7	8	10	16	7	—	—	4	11	33
Stysanus sp.	ST 8	3	2	+	5	—	1	1	8	1	4	6	10
Nombre d'espèces		2	2	1	2	1	2	2	1	1			
Nombre de colonies		12	11	7	13	10	17	8	8	1			43

Myrothecium sp.	TU 5	4	5	2	—	6	3	2	—	—	3	7	11
Myrothecium sp.	TU 6	1	—	1	1	1	—	2	—	—	3	2	3
Volutella sp.	TU 2	—	—	—	3	—	—	3	—	—	1	1	3
Dendrochaum sp.	TU 7	1	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		3	1	2	2	2	2	3		—			
Nombre de colonies		6	5	3	4	7	4	7		—			**18**

FUSARIUM CYLINDROCARPON

Fusarium bulbigenum	FU 10	9	9	9	4	6	8	17	—	—	4	10	31
Fusarium solani	FU 6	2	5	1	4	1	5	3	3	—	4	8	12
Fusarium solani v. aduncisp.	FU 17	—	1	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Fusarium semitectum	FU 4	—	2	4	2	3	4	1	—	—	3	5	8
Fusarium equiseti	FU 3	—	—	1	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Fusarium culmorum	FU 1	—	1	—	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Fusarium oxysporum	FU 11	1	1	1	1	4	—	—	—	—	4	1	4
Fusarium lateritium	FU 16	3	—	3	—	5	—	1	—	2	2	3	6
Cylindrocarpon sp.	TU 12	3	1	1	2	1	1	1	4	—	4	5	7
Cylindrocarpon sp.	TU 10	2	—	—	—	1	1	—	—	—	1	2	2
Cylindrocarpon sp.	TU 13	—	1	—	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		6	8	7	5	8	5	7	2	1			
Nombre de colonies		20	21	20	13	23	19	25	7	**2**			**74**
		7 esp. 41 col.		6 esp. 33 col.									

MÉLANCONIÉES

Pestalozzia sp.	ML 1	6	16	2	2	5	17	4	—	—	4	8	26
Gloeosporium sp.	ML 3	1	4	4	4	3	2	2	6	1	4	10	13
Colletotrichum sp.	ML 4	—	—	1	—	—	1	—	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		2	2	3	2	2	3	2	1	1			
Nombre de colonies		7	20	7	6	8	20	6	6	**1**			**40**

SPHÉROPSIDÉES

Pyrenochaeta sp.	SP 20	9	22	16	9	24	13	18	1	—	4	13	56
Phoma sp.	SP 9	15	24	14	8	23	20	15	3	—	4	15	61
Nombre d'espèces		24	46	30	17	47	33	33	4				
Nombre de colonies		2	2	2	2	2	2	2	2	**0**			**117**

« MYCELIUM » STÉRILES

	MY 7	—	—	1	1	—	1	1	—	—	2	2	2
	MY 10	—	1	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1
	MY 11	—	—	—	1	—	—	1	—	—	1	1	1
	MY 12	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		1	1	1	2	1	2	2					
Nombre de colonies		1	1	1	2	1	2	2		**0**			**5**

a nombre de colonies correspondant à 20 mg de terre.
b nombre de colonies correspondant à 10 mg de terre.

Tableau IV

RÉPARTITION DES ESPÈCES SELON LES PARCELLES ET LES PROFONDEURS POUR LE PRÉLÈVEMENT RÉALISÉ SUR LA SOLE A BETTERAVE LE 30 SEPTEMBRE 1955.

	Souches	Somme des colonies isolées pour chaque parcelle sur l'ensemble des 4 profondeurs 5 10 20 40 cm				Somme des colonies isolées à chacune des profondeurs 5 10 20 40 cm sur l'ensemble des 4 parcelles				Parcelles où le niveau 80 cm a été étudié		Nombre de		Total des colonies isolées sauf à 80 cm
		Fumure		Sans engrais depuis		5	10	20	40	NPK 80	S. E. depuis 1902 80	Parcelles	Horizons	
		Fumier	NPK	1902	1875									
PHYCOMYCÈTES														
Mortierella renispora	PH 11	*a* 19	*a* 31	*a* 14	*a* 19	*a* 23	*a* 27	*a* 20	*a* 13	*b* 1	*b* 3	4	16	83
Absidia glauca	PH 15	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1
Absidia spinosa	PH 16	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		2	2	1	1	2	1	2	1	1	1			
Nombre de colonies		20	32	14	19	24	27	21	13	**1 + 3**				**85**
ASCOMYCÈTES														
Penicillium asperum	PN 16	1	4	—	—	1	—	—	4	—	—	2	2	5
Chaetomidium fimeti	AS 30	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1
Pleospora herbarum	AS 99	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Sporormia sp.	AS 14	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Melanospora sp.	AS 72	—	—	+	—	—	—	—	—	—	1	1	1	
Nombre d'espèces		4	1			1	—	1	3		1			
Nombre de colonies		4	4			1	—	1	6	**0 + 1**				**8**
MUCÉDINÉES														
Cephalosporiopsis imperfecta	MO 18	49	25	6	8	41	38	8	1	—	—	4	13	88
Gliocladium roseum	MO 3	10	6	18	2	11	21	4	—	—	—	4	9	36
Verticillium sp.	MO 7	36	42	13	15	41	43	22	—	—	—	4	12	106
Cephalosporium sp.	MO 45	7	1	2	2	6	5	1	—	—	—	4	8	12
Cephalosporium à sclérotes	MO 16	5	3	—	1	4	2	3	—	—	—	3	5	9
Spicaria violacea	MO 25	5	2	7	1	3	10	2	—	—	1	4	9	15
Trichoderma lignorum	MO 20	6	14	—	—	5	13	2	—	—	—	2	5	20
Cephalosporium sp.	MO 46	—	3	1	2	—	—	—	6	1	3	3	5	6
Gliobotrys sp.	MO 35	1	1	—	1	2	—	1	—	—	—	3	3	3
Mucédinée sp.	MO 60	—	—	—	2	2	—	—	—	—	—	1	1	2
Gliocladium catenulatum	MO 1	3	3	1	1	3	5	—	—	—	—	4	8	8

Botryotrichum piluliferum	MO 38	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Trichoderma album	MO 23	2	—	—	—	1	—	1	—	—	—	1	2	2
Verticillium lateritium	MO 5	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	1	1	1
Geotrichum sp.	MO 50	—	1	1	1	1	2	—	—	—	—	3	2	3
Geotrichum sp.	MO 51	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Scopulariopsis brevicaulis	MO 30	3	—	—	—	3	—	—	—	—	—	1	1	3
Scopulariopsis (violet)	MO 32	1	—	—	2	1	—	—	2	—	—	2	3	3
Sporotrichum sp.	MO 12	2	2	—	—	1	2	1	—	2	—	2	5	4
Verticillium sp.	MO 8	—	+	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—
Gliocladium sp.	MO 3 *b*	—	2	—	1	—	—	3	—	—	—	2	1	3
Mucédinée sp.	MO 61	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Scopulariopsis sp.	MO 33	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Nombres d'espèces		16	14	10	14	17	12	12	6	3	2			
Nombre de colonies		133	106	51	41	127	143	49	12	**4** +	**4**			**331**

PENICILLIUM

Penicillium lilacinum	PN 15	34	53	30	24	29	28	28	56	5	21	4	18	141
Penicillium canescens	PN 20	31	43	19	10	52	41	10	—	—	—	4	11	103
Penicillium ?	PN 21	10	14	4	2	11	18	1	—	—	—	4	9	30
Penicillium urticae	PN 63	—	12	—	—	9	2	1	—	—	—	1	3	12
Penicillium tardum	PN 83	6	3	—	—	3	5	1	—	—	—	2	5	9
Penicillium restrictum	PN 2	1	3	1	1	2	2	2	—	—	—	4	5	6
Penicillium funiculosum	PN 86	1	+	—	—	—	—	1	—	1	—	2	2	1
Penicillium brevicompactum	PN 38 *b*	1	—	—	1	—	1	1	—	—	—	2	2	2
Penicillium paxilli	PN 40 *b*	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	1	1
Penicillium corymbiferum	PN 70	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	1	1	1
Penicillium expansum	PN 60	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Penicillium ? sp.	PN 43	—	2	—	—	2	—	—	—	—	—	1	1	2
Penicillium ? sp.	PN 69	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Penicillium simplicissimum	PN 25	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1
Penicillium megasporum	PN 24	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Penicillium lanoso-coeruleum	PN 46	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Penicillium variabile	PN 84	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1
Penicillium frequantans	PN 1	—	—	—	2	2	—	—	—	—	—	1	1	2
Nombre d'espèces		8	11	7	6	10	10	10	2	2	1			
Nombre de colonies		85	134	57	40	112	100	47	57	**6** +	**21**			**316**
Nombre de colonies (sauf *P. lilacinum*)		51	81	27	16	83	72	19	1	1	0			

ASPERGILLUS

Aspergillus wentii	AL 7	3	—	—	1	—	4	—	—	—	—	2	1	4
Aspergillus fumigatus	AL 3	—	1	1	1	1	—	2	—	—	—	3	2	3
Aspergillus flavipes	AL 2	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Aspergillus versicolor	AL 6	1	1	—	—	1	1	—	—	—	—	2	2	2
Aspergillus quercina	AL 5	—	2	1	—	—	3	—	—	—	—	2	1	3
Nombre d'espèces		2	3	3	2	2	4	1	—	—	—			
Nombre de colonies		4	4	3	2	2	9	2	—	**0**	**0**			**13**

a nombre de colonies correspondant à 20 mg de terre. *b* nombre de colonies correspondant à 5 mg de terre.

TABLEAU IV *(suite)*

RÉPARTITION DES ESPÈCES SELON LES PARCELLES ET LES PROFONDEURS POUR LE PRÉLÈVEMENT RÉALISÉ SUR LA SOLE A BETTERAVE LE 30 SEPTEMBRE 1955.

	Souches	Somme des colonies isolées pour chaque parcelle sur l'ensemble des 4 profondeurs 5 10 20 40 cm				Somme des colonies isolées à chacune des profondeurs 5 10 20 40 cm sur l'ensemble des 4 parcelles				Parcelles où le niveau 80 cm a été étudié		Nombre de		Total des colonies isolées sauf à 80 cm
		Fumure		Sans engrais depuis		5	10	20	40	NPK 80	S. E. depuis 1902 80	Parcelles	Horizons	
		Fumier	NPK	1902	1875									
DÉMATIÉES														
1° Espèces favorisées par la fumure :		*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*a*	*b*	*b*			
Stachybotrys alternans	DM 1	8	13	7	8	17	12	6	1	—	—	4	12	36
Oidiodendron sp.	DM 75	3	1	—	—	1	3	—	—	—	—	2	2	4
Alternaria sp.	DM 11	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	1	1
Alternaria sp.	DM 12	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Nombre de colonies/d'espèces		27/4		15/1										
2° Espèces indifférentes à la fumure :														
Alternaria tenuissima	DM 8	—	1	1	—	1	—	1	—	—	—	2	2	2
Hormodendrum sp.	DM 19	—	3	1	—	1	—	2	1	—	2	2	4	4
Gliomastix convoluta	DM 10	5	4	8	4	5	9	4	3	—	2	4	13	21
Nombre de colonies/d'espèces		13/3		14/3										
3° Espèces défavorisées par la fumure :														
Monosporium sp.	DM 31	2	3	9	8	12	7	3	—	—	—	4	9	22
Monosporium sp.	DM 32	4	2	1	10	4	7	5	1	—	—	4	8	17
Dématié sp.	DM 70	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	1	1	1
Curvularia sp.	DM 60	—	—	—	3	1	1	1	—	—	—	1	3	3
Rhinotrichum sp.	DM 50	—	—	—	2	1	1	—	—	—	—	1	2	2
Nombre de colonies/d'espèces		11/2		34/5										
Ensemble des Dématiées :														
Nombre d'espèces		7	7	7	6	11	7	7	5	—	2			
Nombre de colonies		24	27	28	35	45	40	22	7	**0**	**4**			**114**
STILBACÉES														
Tilachlidium racemosum	ST 1	2	5	2	3	4	5	3	—	—	—	4	8	12
Trichurus gorgonifer	ST 5	1	1	—	—	—	1	1	—	—	—	2	2	2

Stysanus sp.	ST 8	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Graphium sp.	ST 11	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		3	3	1	1	1	3	3	—	—	—			
Nombre de colonies		4	7	2	3	4	7	5	—	**0**	**0**			**16**
TUBERCULARIACÉES														
Myrothecium sp.	TU 5	3	3	3	1	3	7	—	—	—	—	4	7	10
Volutella sp.	TU 1	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	1	1	1
Volutella sp.	TU 2	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		1	1	1	3	2	2	—	—	—	—			
Nombre de colonies		3	3	3	3	4	8	—	—	**0**	**0**			**12**
FUSARIUM-CYLINDROCARPON														
Fusarium bulbigenum	FU 10	4	4	3	4	5	4	5	1	—	—	4	II	15
Fusarium solani	FU 6	1	1	+	—	—	1	1	—	—	1	3	3	2
Fusarium oxysporum	FU 11	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	1	1	1
Fusarium sambucinum f. II	FU 16	1	1	1	—	1	2	—	—	—	—	3	3	3
Fusarium lateritium	FU 18	—	1	1	3	4	1	—	—	—	—	3	4	5
Fusarium equiseti	FU 3	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	1
Cylindrocarpon	TU 12	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		5	5	3	2	4	5	3	1	—	1			
Nombre de colonies		8	8	5	7	II	9	7	1	**0**	**1**			**28**
MÉLANCONIÉES														
Pestalozzia sp.	ML 1	9	6	5	7	II	12	4	—	—	—	4	II	27
Gloeosporium sp.	ML 3	1	1	3	4	—	1	2	6	1	1	4	8	9
Nombre d'espèces		2	2	2	2	1	2	2	1	1	1			
Nombre de colonies		10	7	8	II	II	13	6	6	**1** +	**1**			**36**
SPHAEROPSIDÉES														
Phoma sp.	SP 9	24	23	9	4	28	26	6	—	—	—	4	II	60
Pyrenochaeta sp.	SP 20	10	12	10	7	14	20	5	—	—	—	4	II	39
Phoma sp.	SP 12	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	1	1
Ascochyta sp.	SP 30	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	1	1
Nombre d'espèces		4	2	2	2	2	2	2	1	—	—			
Nombre de colonies		36	35	19	II	42	46	12	1	**0**	**0**			**101**
MYCELIUM STÉRILES														
	MY 7	—	2	—	—	1	1	—	—	—	—	1	2	2
	MY 13	1	—	1	—	1	—	1	—	—	—	2	2	2
Nombre d'espèces		1	1	1		1	1	—	—	—	—			
Nombre de colonies		1	2	1		1	1	—	—	**0**	**0**			**4**

a nombre de colonies correspondant à 20 mg de terre.
b nombre de colonies correspondant à 5 mg de terre.

Tableau V

RÉPARTITION SYSTÉMATIQUE DES ESPÈCES

BETTERAVE 9 juin 1955

	Somme des colonies isolées pour chaque parcelle sur l'ensemble des 4 profondeurs : 5 10 20 40 cm								Total	Somme des colonies isolées à chacune des profondeurs sur l'ensemble des 4 parcelles								S. E. depuis 1902	
	Fumier		NPK		1902		1875			5		10		20		40		80	
	a	*b*																*c*	
7 *Phycomycètes*	52	5	62	5	56	2	59	2	229	64	6	74	4	57	3	34	2	11	1
10 *Ascomycètes*	18	5	8	5	10	1	3	2	31	3	3	6	6	11	4	11	2	—	—
20 *Mucédinées*	163	15	109	10	99	12	121	14	492	173	15	146	13	144	17	29	10	1	1
12 *Penicillium*	208	7	290	7	165	7	141	6	804	191	9	167	5	168	7	278	5	76	3
5 *Aspergillus*	15	3	8	3	4	3	7	4	34	11	3	11	5	6	3	6	2	1	1
10 *Dématiées*	55	6	48	6	38	8	37	6	178	46	8	55	8	50	7	27	3	1	1
3 *Stilbacées*	9	3	9	2	4	1	4	2	26	4	2	8	2	10	2	4	3	1	1
4 *Tuberculariacées*	17	3	8	3	21	3	14	4	69	19	3	31	4	9	3	1	1	—	—
9 *Fusarium, Cylindr.*	28	6	26	4	30	5	25	6	109	32	5	43	6	26	6	8	2	4	2
3 *Mélanconiées*	11	2	13	2	23	2	18	2	65	17	2	16	2	18	2	14	2	2	2
4 *Sphaeropsidées*	75	4	81	2	44	2	48	2	248	71	3	114	3	59	2	4	2	2	1
4 « *Mycelium* » *Stériles*	7	1	7	2	6	3	4	1	24	4	1	9	2	7	2	4	2	—	—
91 espèces : Total	650	60	669	57	500	49	481	51	2 300	635	60	680	60	565	58	420	36	99	13

a nombre de colonies correspondant à 20 mg de terre.
b nombre d'espèces correspondant à 20 mg de terre.
c nombre de colonies ou d'espèces correspondant à 5 mg de terre.

Tableau VI

RÉPARTITION SYSTÉMATIQUE DES ESPÈCES

BLÉ 6 septembre 1955

	Somme des colonies isolées pour chaque parcelle sur l'ensemble des 4 profondeurs : 5 10 20 40 cm								Total	Somme des colonies isolées à chacune des 4 profondeurs sur l'ensemble des 4 parcelles								S. E. depuis 1902		NPK	
	Fumier		NPK		1902		1875			5		10		20		40		80		80	
	a	*b*																*c*		*c*	
5 *Phycomycètes*	22	2	27	2	21	3	16	2	86	19	2	17	1	29	4	21	2	5	1	9	1
9 *Ascomycètes*	8	7	2	1	2	2	0	0	12	6	5	0	0	3	3	3	2	0	0	1	1
20 *Mucédinées*	119	15	136	10	76	9	68	9	399	111	13	141	13	102	10	45	6	3	3	6	5
17 *Penicillium*	94	7	208	10	114	5	114	6	530	99	6	93	11	116	6	222	7	24	1	5	2
3 *Aspergillus*	5	2	3	1	0	0	1	1	9	4	2	4	2	1	1	0	0	1	1	0	0
9 *Dématiées*	31	6	27	8	71	7	54	7	183	59	8	61	6	52	7	11	4	9	5	1	1
2 *Stilbacées*	12	2	11	2	7	2	13	2	43	10	1	17	2	8	2	8	1	1	1	0	0
4 *Tuberculariacées*	6	3	5	1	3	2	4	2	18	7	2	4	2	7	3	0	0	0	0	0	0
11 *Fusarium-Cylindroc.*	20	6	21	7	20	7	13	5	74	23	8	19	5	25	7	7	2	2	1	0	0
3 *Mélanconiées*	7	2	20	2	7	3	6	2	40	8	2	20	3	6	2	6	1	1	1	0	0
2 *Sphaeropsidées*	24	2	46	2	30	2	17	2	117	47	2	33	2	33	2	4	2	0	0	0	0
4 « *Mycélium* » *stériles*	1	1	1	1	1	1	2	2	5	1	1	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
89 espèces : Total	349	55	507	48	352	43	308	40	1 516	395	52	411	49	385	50	327	28	46	14	22	10

a Nombre de colonies correspondant à 20 mg de terre.
b Nombre d'espèces correspondant à 20 mg de terre.
c Nombre de colonies ou d'espèces correspondant à 5 mg de terre.

Tableau VII

RÉPARTITION SYSTÉMATIQUE DES ESPÈCES

BETTERAVE 30 septembre 1955

	Somme des colonies isolées pour chaque parcelle sur l'ensemble des 4 profondeurs : 5 10 20 40 cm								Total	Somme des colonies isolées à chacune des 4 profondeurs sur l'ensemble des 4 parcelles								NPK		S. E. depuis 1902	
	Fumier		NPK		1902		1875			5		10		20		40		80		80	
	a	*b*																*c*		*c*	
3 *Phycomycètes*	20	2	32	2	14	1	19	1	85	24	2	27	1	21	2	13	1	1	1	3	1
5 *Ascomycètes*	4	4	4	1	—	—	—	—	8	1	1	—	—	1	1	6	3	—	—	1	1
24 *Mucédinées*	133	16	106	14	51	10	41	14	331	127	17	143	12	49	12	12	6	4	3	4	2
18 *Penicillium*	85	8	134	11	57	7	40	6	316	112	10	100	10	47	10	57	2	6	2	21	1
5 *Aspergillus*	4	2	4	3	3	3	2	2	13	2	2	9	4	2	1	—	—	—	—	—	—
12 *Dématiées*	24	7	27	7	28	7	35	6	114	45	11	40	7	22	7	7	5	—	—	4	2
4 *Stilbacées*	4	3	7	3	2	1	3	1	16	4	1	7	3	5	3	—	—	—	—	—	—
3 *Tuberculariacées*	3	1	3	1	3	1	3	3	12	4	2	8	2	—	—	—	—	—	—	—	—
7 *Fusarium-Cylindr.*	8	5	8	5	5	3	7	2	28	11	4	9	5	7	3	1	1	—	—	1	1
2 *Mélanconiées*	10	2	7	2	8	2	11	2	36	11	1	13	2	6	2	6	1	1	1	1	1
4 *Sphaeropsidées*	36	4	35	2	19	2	11	2	101	42	2	46	2	12	2	1	1	—	—	—	—
2 *Mycelium stériles*	1	1	2	1	1	1	—	—	4	2	2	1	1	1	1	—	—	—	—	—	—
89 espèces : Total	332	55	369	52	191	38	172	39	1 064	385	55	403	49	173	44	103	20	12	7	35	9

a Nombre de colonies correspondant à 20 mg de terre.
b Nombre d'espèces correspondant à 20 mg de terre.
c Nombre d'espèces ou de colonies correspondant à 5 mg de terre.

d'eau (11 espèces en mars, 7 en juin, 5 au 6 septembre, 3 au 30 septembre, 6 au 16 novembre). Le plus sensible au facteur humidité serait *Pythium spinosum*, les plus résistants seraient les *Absidia* formant des zygotes. *Mortierella renispora* est une des espèces les plus caractéristiques, semblant indifférente aux facteurs fumure et humidité. *Coemensia pectinata* est une jolie espèce caractéristique de l'horizon 40 cm.

TABLEAU VIII

	Nombre d'espèces			Nombre de colonies			Pour 100 colonies		
	9 juin	6 sept.	30 sept.	9 juin	6 sept.	30 sept.	9 juin	6 sept.	30 sept.
							%	%	%
Phycomycètes	7	5	3	229	86	85	10,0	5,7	8,0
Ascomycètes	10	9	5	31	12	8	1,3	0,9	0,7
Mucédinées	20	20	24	492	399	331	21,5	26,3	31,0
Penicillium	12	17	18	804	530	316	35,0	35,0	29,7
Aspergillus	5	3	5	34	9	13	1,5	0,6	1,2
Dématiées	10	9	12	178	183	114	7,7	12,0	10,7
Stilbacées	3	2	4	26	43	16	1,1	2,8	1,5
Tuberculatriacées	4	4	3	60	18	12	2,6	1,2	1,1
Fusarium-Cylindr.	9	11	7	109	74	28	4,7	4,9	2,7
Mélanconiées	3	3	2	65	40	36	2,8	2,6	3,4
Sphaeropsidées	4	2	4	248	117	101	10,8	7,7	9,5
Mycelium stériles	4	4	2	24	5	4	1,0	0,3	0,4
Total	91	89	89	2 300	1 516	1 064			

TABLEAU IX

	Moy. génér.	9 juin	6 sept.	30 sept.	16 nov.
		%	%	%	%
Phycomycètes	8	10,0	5,7	8,0	8,8
Ascomycètes	< 1	1,3	0,9	0,7	0,4
Fungi imperf.					
Hyphales	78	74,1	82,8	78,0	77,4
Mélanconiales	3	88,7 2,8	93,4 2,8	91,3 3,4	90,8 2,7
Sphaeropsidales	10	10,8	7,7	9,5	10,6
Myc. stériles	< 1	1,0	0,3	0,4	0,1

Ascomycètes. 17 espèces pour seulement 44 colonies, soit 1 p. 100. Il faut faire, comme nous le verrons plus loin, la part des Ascomycètes strictement fimicoles, superficiels et liés principalement à la fumure organique, et celle des véritables espèces du sol, montrant une certaine tendance à préférer les conditions anaérobies des horizons profonds et constituées, par ailleurs, par des Ascomycètes inférieurs tels que des *Penicillium* et des *Gymnoascus*.

Mucédinées. 52 espèces pour 2 268 colonies soit 59 p. 100 se décomposant en :

Penicillium. 21 espèces pour 1 334 colonies, soit 36 p. 100. En

fait, seules 3 espèces sont fréquentes : P. *lilacinum*, P. *canescens*, P. sp. PN 21 *bis*. Les deux premiers cités représentent ensemble 28 p. 100 du nombre total des colonies isolées sur les 2 prélèvements. P. *lilacinum* à lui seul représente 18 p. 100 ; d'autre part il est présent dans tous les horizons alors que P. *canescens* qui est l'espèce la plus fréquente de tous les groupes systématiques, pour les niveaux, 5, 10 et 20 cm, disparaît brutalement à 40 cm de profondeur. *Aspergillus*. 6 espèces pour 43 colonies, soit 1 p. 100 ; rares dans l'ensemble (espèce typique : *Aspergillus wentii*), confirmant ainsi l'opinion générale selon laquelle les Aspergillus caractérisent les sols chauds.

Autres Mucédinées. 25 espèces pour 891 colonies, soit 23 p. 100 ; renfermant des espèces très fréquentes, telles que *Cephalosporiopsis imperfecta*, *Verticillium sp.* (rappelant *Verticillium alboatrum*), et des espèces hautement antibiotiques, telles que *Trichoderma lignorum*, *Gliocladium roseum*.

Dématiées. 13 espèces pour 361 colonies, soit 9,5 p. 100. Paraissent être les mieux adaptées aux conditions défavorables de l'été ; en effet on n'observe pas, à leur sujet, de réduction dans le nombre de leurs colonies au mois de septembre. Les *Monotospora* munis de chlamydospores, et les *Alternaria* et *Stachybotrys* munis de spores à paroi épaisse sont naturellement adaptés aux conditions xérothermiques de l'été. *Rhinotrichum* sp. et *Hormodendrum* sp. sont particulièrement développés dans la sole à blé.

Stilbacées. 4 espèces pour 69 colonies, soit 2 p. 100. Petit groupe bien caractéristique du sol, très résistant comme les Dématiées aux conditions de l'été, puisqu'à l'envers de tous les autres groupes, il montre un optimum de développement au mois de septembre.

Tuberculariacées. où nous distinguerons :

Fusarium et Cylindrocarpon. 9 espèces pour 183 colonies, soit 5 p. 100 très bien représentés à tous les niveaux, constituant dans l'ensemble de bonnes espèces du sol, en particulier les *Cylindrocarpon* qui présentent une tendance à préférer les horizons profonds (espèces souvent considérées comme parasites de systèmes racinaires).

Autres Tuberculariacées. 5 espèces pour 78 colonies, soit 2 p. 100, renfermant surtout des espèces du genre *Volutella*, et du genre *Myrothecium*.

Mélanconiées. 4 espèces pour 105 colonies, soit 3 p. 100 comprenant essentiellement deux espèces typiques du sol des parcelles : *Pestalozzia* sp. et *Gloeosporium* sp.? cette dernière espèce étant très caractéristique de la profondeur.

Sphaeropsidées. 4 espèces pour 365 colonies, soit 9,5 p. 100 ; en fait deux espèces caractéristiques du sol : un *Phoma* sp. et un *Pyrenochaeta* sp. ; leur rareté dans le sol prouve que les espèces de ce groupe réclament un milieu plus consistant et plus spécifique que le milieu sol. Ce sont plutôt des parasites accessoires ou des saprophytes des organes aériens ou tombés à terre des végétaux supérieurs.

« Mycelium » stériles. 6 espèces pour 29 colonies, moins de 1 p. 100; leur rareté s'explique par le fait que, n'ayant pas de forme de propagation leur fréquence dans le sol s'en trouve réduite sans que dans le fond leur activité soit affectée. C'est peut-être parmi eux qu'il faudrait rechercher les espèces pathogènes qui font défaut dans l'ensemble de nos prélèvements.

C. — **Fréquence des espèces isolées.**

La fréquence des espèces peut être envisagée sous deux aspects différents :

— Fréquence de présence indiquant pour une espèce donnée le nombre d'horizons dans lesquels elle est présente (ne serait-ce que par une seule colonie).

— Fréquence du nombre de colonies, quel que soit le nombre d'horizons représentés.

Les tableaux X et XI donnent respectivement le classement des espèces les plus caractéristiques suivant leur fréquence de présence et leur fréquence du nombre de colonies. Chacun d'eux indique le classement des espèces particulier à chacun des 3 prélèvements (rang et nombre de colonies ou d'horizons) et le classement définitif pour l'ensemble des 3 prélèvements, par addition du nombre de colonies ou d'horizons ce qui correspond en somme à un classement moyen.

On observe d'une part :

Dans un même tableau, des modifications suivant la date du prélèvement, dues essentiellement aux conditions climatiques et à l'assolement ;

D'autre part :

Entre les deux tableaux certaines espèces représentées presque dans tous les niveaux mais ne donnant qu'un nombre parfois très réduit de colonies (ex : *Fusarium solani*) ; certaines autres espèces se comportent de façon opposée.

La question se pose donc de savoir si l'on attache plus d'importance au fait qu'une espèce se retrouve souvent ou au fait qu'on la rencontre abondamment. Dans le premier choix, on déclasse des espèces qui ont une aire d'extension limitée à certains horizons, mais qui dans

ces mêmes niveaux ont une importance considérable (ex. : *Penicillium canescens*, absent, régulièrement à 40 et 80 cm de profondeur, mais qui dans les horizons supérieurs est l'espèce représentée par le plus grand nombre de colonies). Si l'on s'attache au classement par fréquence de

TABLEAU X

CLASSEMENT PAR FRÉQUENCE DE PRÉSENCE

Classement définitif pour l'ensemble des 3 prélèvements	Total des horiz. (51)	Classement suivant les parcelles			Nombre d'horizons par parcelle (17) *a*		
		Betterave		Blé sept.	Betterave		Blé sept.
		juin	sept.		juin	sept.	
1er *Penicillium lilacinum*	51	1e	1e	1e	17	17	17
2e *Mortierella renispora*	49	1e	2e	1e	17	15	17
3e *Cephalosporiopsis imperfecta*	42	7e	3e	3e	13	13	16
4e : *Verticillium* sp.	39	7e	4e	5e	13	12	14
Pyrenochaeta sp.	—	5e	6e	7e	15	11	13
6e *Gliomastix convoluta*	37	17e	6e	5e	12	11	14
7e : *Penicillium canescens*	36	13e	6e	7e	12	11	13
Phoma sp.	—	19e	6e	4e	10	11	15
Stachybotrys alternans	—	13e	4e	10e	12	12	12
10e : *Penicillium* PN 21 *bis*	33	7e	12e	12e	13	9	11
Monotospora sp. DM 31	—	3e	14e	16e	16	8	9
Fusarium bulbigenum	—	13e	6e	14e	12	11	10
13e *Spicaria violacea*	32	19e	12e	7e	10	9	13
14e : *Pestalozzia* sp.	31	7e	6e	22e	13	11	7
Gloeosporium sp.	—	6e	15e	14e	14	7	10
16e *Gliocladium roseum*	30	7e	11e	22e	13	10	7
17e *Fusarium solani*	26	3e	ne	18e	16	1	8
18e : *Cephalosporium* rose	25	19e	15e	18e	10	7	8
Tilachlidium racemosum	—	25e	18e	12e	8	6	11
Cephalosporium à sclérotes	—	13e	20e	18e	12	5	8
21e *Myrothecium* sp. TU 1	24	18e	18e	22e	11	6	7
22e *Trichoderma lignorum*	22	19e	20e	22e	10	5	7
23e : *Monotospora* sp DM 32	15	ne	15e	18e	0	7	8
Penicillium restrictum	—	ne	20e	16e	1	5	9
Hormodendrum sp.	—	ne	25e	10e	1	2	12
26e *Cephalosporium* vert	14	26e	20e	28e	4	5	5

a 17 horizons : 4 parcelles, à 5 10 20 et 40 cm : 16 horizons.
1 parcelle, à 80 cm soit : 1 horizon.

colonies on donne une importance exagérée à des espèces dont le pouvoir de sporulation est élevé sans que l'on puisse dire exactement s'il en est de même dans le sol, et ce au détriment des espèces à seul développement végétatif dont l'activité dans le sol est peut-être égale ou supérieure à celle des espèces à grand pouvoir sporulant.

Le classement préférentiel devrait donc se rapporter à un ***niveau donné***, en faisant jouer d'abord le facteur « ***nombre d'horizons***

TABLEAU XI

CLASSEMENT PAR FRÉQUENCE DU NOMBRE DE COLONIES

Classement définitif pour l'ensemble des 3 prélèvements	Total des colonies	Classement suivant les parcelles			Nombre de colonies par parcelles		
		Betterave		Blé sept.	Betterave		Blé sept.
		juin	sept.		juin	sept.	
	a				*b*		
1er *Penicillium lilacinum*	906	1e	1e	1e	447	140	319
2e *Penicillium canescens*	436	2e	3e	3e	222	103	111
3e *Verticillium* sp.	323	9e	2e	2e	73	106	144
4e *Mortierella renispora*	304	3e	5e	5e	194	82	78
5e *Cephalosporiopsis imperfecta*	303	6e	4e	4e	105	88	110
6e *Phoma* sp.	252	4e	6e	6e	131	60	61
7e *Pyrenochaeta* sp.	207	5e	7e	7e	114	37	56
8e *Penicillium* sp. PN 21 *bis*	178	7e	10e	8e	103	30	45
9e *Gliocladium roseum*	146	9e	8e	19e	87	36	23
10e *Stachybotrys alternans*	131	10e	8e	16e	68	36	27
11e *Cephalosporium* rose	98	11e	19e	17e	62	11	25
12e *Monotospora* sp. DM 31	89	12e	12e	20e	46	21	22
13e *Fusarium bulbigenum*	87	13e	19e	13e	45	11	31
14e :							
Gliomastix convoluta	86	16e	13e	13e	35	20	31
Pestalozzia sp.	86	15e	11e	17e	37	24	25
16e *Spicaria violacea*	72	20e	15e	10e	23	15	34
17e *Tilachlidium racemosum*	63	25e	16e	12e	17	13	33
18e *Trichoderma lignorum*	61	21e	13e	22e	22	20	19
19e *Myrothecium* sp. TU 1	59	14e	21e	26e	39	9	11
20e *Cephalosporium* sp. à sclérotes	54	16e	21e	27e	35	9	10
21e *Gloeosporium* sp.	49	18e	23e	23e	28	8	13
22e *Monotospora* sp. DM 32	47	?e	17e	9e	0	12	35
23e *Penicillium restrictum*	41	?e	23e	10e	1	6	34
24e *Fusarium solani*	33	22e	?e	24e	20	1	12
25e *Cephalosporium* vert	32	27e	23e	24e	14	6	12
26e *Hormodendrum* sp.	25	?e	27e	21e	1	4	20
Pourcentage représenté par ces 26 espèces par rapport au nombre total de colonies isolées dans chacun des 3 prélèvements					85 %	85 %	87 %

a nombre de colonies correspondant à 240 mg de terre.
b nombre de colonies correspondant à 80 mg de terre.

représentés (par rapport au nombre total d'horizons-répétitions pour le niveau donné) — ce facteur donne une signification statistique aux résultats ; le facteur « nombre de colonies » servira seulement de dernier critère.

Ex. : à 5 cm de profondeur sur 12 répétitions, nous classerons : 1er *Penicillium canescens* 12, 192 colonies, etc.

Mais si on désire caractériser l'ensemble des parcelles de la Station Agronomique, nous nous attacherons aux espèces polyvalentes, bien représentées dans l'ensemble à tous les niveaux, ce qui nous permettra de définir le sol étudié avec ses caractéristiques propres (nature physico-chimique, pH, facteurs écologiques de la région, facteurs culturaux),

par une microflore de base qui dans le cas présent sera constituée ainsi :

Penicillium lilacinum,
Penicillium canescens,
Penicillium sp. PN 21 bis,
Cephalosporiopsis imperfecta,
Verticillium sp. MO 7,
Pyrenochaeta sp. SP 20,
Gliomastix convoluta,
Fusarium bulbigenum,
Fusarium solani,
Gloeosporium sp. ML 3,
Mortierella renispora.

D. — **Activité de la microflore dans le sol.**

Nous venons de voir que le classement des espèces suivant leur fréquence de présence ou fréquence du nombre de colonies ne traduisait qu'imparfaitement leur fréquence réelle, c'est-à-dire leur activité dans le sol.

Chaque espèce tisse dans le sol un réseau mycélien ; la ***vigueur du développement*** est donc un premier facteur d'extension et d'activité dans le sol. D'autre part certaines espèces, soit par leur mycélium vivant, soit par les ***toxines accumulées***, interdisent momentanément ou de façon permanente l'extension d'espèces sensibles. Il en résulte que les différents réseaux mycéliens s'entremêlent ou s'affrontent suivant la compatibilité ou non de coexistence. L'intensité de la ***sporulation*** est un autre facteur réglant la possibilité d'extension ; elle peut être entravée par les mêmes raisons que celles invoquées ci-dessus. Durant l'hiver ou de façon générale lorsque les conditions de développement sont défavorables l'activité des espèces se trouve modifiée et ceci de façon variable suivant les espèces : la persistance ou la disparition du mycélium végétatif, le maintien ou la réduction du pouvoir germinatif des spores de dissémination, la présence ou l'absence de formes de conservation, sont autant de facteurs qui, variables suivant les espèces, règlent au départ, chaque année, le pouvoir d'extension.

Par les seules notations que nous avons pu faire dans les boîtes d'ensemencement, il est impossible d'évaluer tous ces facteurs. Chacune des espèces les plus caractéristiques devra être testée *in vitro*, en culture pure ou en cultures associées, sur le milieu qui leur est le plus favorable et sur le milieu qui leur est commun, c'est-à-dire sur le milieu « sol », afin d'apprécier dans les conditions les plus proches

de la réalité, les différents facteurs d'activité que nous définissons ci-dessous :

in vitro :

1° Vitesse et vigueur du développement végétatif.
2° Vitesse et intensité de la sporulation.
3° Longévité du mycelium et des spores de dissémination.
4° Présence ou non de formes de conservation.
5° Degré d'antibiotisme.

In vivo.

6° Fréquence du nombre de colonies.
7° Fréquence statistique de présence.

En tenant compte de tous ces facteurs (les 5 premiers cités corrigeant et complétant les 2 derniers), résumés en une formule mathématique convenable, il sera alors possible de chiffrer le degré réel d'activité dans le sol, des espèces les plus caractéristiques. Nous allons voir, dans les chapitres suivants que l'influence des différents facteurs (profondeur, fumure, assolement, facteurs climatiques), se traduit par une modification dans la fréquence générale des différentes espèces. Mais, alors que le nombre de colonies est modifié, le nombre des espèces isolées ne varie pas. On peut classer toutes les espèces isolées au cours des 3 prélèvements, de juin et de septembre, en 4 catégories :

1° ***Espèces fréquentes*** : environ 30 p. 100 du nombre d'espèces isolées. De juin à septembre on observe une réduction quantitative variable suivant les facteurs envisagés et suivant les espèces elles-mêmes ; mais cette réduction n'affecte pas leur fréquence qui reste élevée.

2° ***Espèces assez fréquentes*** : environ 20 p. 100. Par la réduction quantitative, agissant sur elles avec la même intensité que sur les espèces fréquentes, elles deviennent peu fréquentes ou même rares, mais ne disparaissent que très rarement.

3° ***Espèces peu fréquentes*** : environ 25 p. 100. Les unes disparaissent, les autres deviennent rares.

4° ***Espèces rares*** : environ 25 p. 100. Sauf rares exceptions, elles disparaissent toutes, mais on constate l'apparition d'un certain nombre d'espèces (favorisées par les conditions de l'été?), dont la présence nouvelle compense presque exactement la disparition des espèces anciennes.

L'étude des différents facteurs ne sera donc entreprise que sur des espèces dont la fréquence permet de rendre significatives les modifications observées.

TABLEAU XII. — CLASSEMENT DES ESPÈCES POUR UNE PROFONDEUR DONNÉE SELON LA DATE DE PRÉLÈVEMENT

Profondeur : 5 cm

Betterave Juin		Blé Septembre		Betterave Septembre	
Penicillium canescens (*a*)	107	*Verticillium* (*a*)	45	*Penicillium canescens* (*a*)	52
Mortierella renispora	57	*Cephalosporiopsis*	38	*Verticillium*	41
Cephalosporiopsis imperfecta	45	*Penicillium canescens*	33	*Cephalosporiopsis imperfecta*	41
Penicillium lilacinum	40	*Penicillium lilacinum*	29	*Penicillium lilacinum*	29
Pyrenochaeta	35	*Pyrenochaeta*	24	*Phoma*	28
Penicillium PN 21 *bis*	35	*Phoma*	23	*Mortierella renispera*	23
Phoma	35	*Rhinotrichum*	19	*Stachybotrys alternans*	17
Gliocladium roseum	35	*Mortierella renispora*	18	*Pyrenochaeta*	14
Verticillium	23	*Penicillium* PN 21 *bis*	17	*Gliocladium roseum*	12
Cephalosporium rose	23	*Monotospora* DM 32	12	*Monotospora* DM 31	12
Stachybotrys alternans	22	*Tilachlidium racemosum*	10	*Penicillium* PN 21 *bis*	11
Fusarium bulbigenum	16	*Trichoderma lignorum*	7	*Pestalozzia*	11
Monotospora DM 31	14	*Stachybotrys alternans*	7	*Cephalosporium* rose	6
Pestalozzia	14	*Gliomastix convoluta*	7	*Fusarium bulbigenum*	5
Myrothecium	13	*Hormodendrum*	7	*Trichoderma lignorum*	5
Trichoderma lignorum	12	*Myrothecium*	6	*Gliomastix convoluta*	5
Fusarium oxysporum	8	*Fusarium bulbigenum*	6	*Tilachlidium racemosum*	4
Cephalosporium à sclérotes	7	*Pestalozzia*	5	*Monotospora* DM 32	4
Gliobotrys	5	*Aspergillus wentii*	5	*Cephalosporium* à sclérotes	4
Spicaria violacea	4	*Penicillium restrictum*	5	*Spicaria violacea*	3
Mycelium stérile	3	*Monotospora* DM 31	4	*Penicillium tardum*	3
Fusarium solani	3	*Gliochadium roseum*	4	*Myrothecium*	2
Gloeosporium	3	*Spicaria violacea*	4	*Penicillium restrictum*	2
Penicillium tardum	3	*Gloeosporium*	3	*Hormodendrum*	1
Aspergillus wentii	3	*Cephalosporium* rose	3	*Rhinotrichum*	1
Tilachlidium racemosum	2	*Cephalosporium* à sclérotes	3	*Fusarium solani*	0
Gliomastix convoluta	1	*Fusarium solani*	1	*Gloeosporium*	0
				Aspergillus wentii	0

10 cm.

Penicillium canescens	72	*Verticillium*	52	*Verticillium*	43
Phoma	70	*Cephalosporiopsis*	45	*Penicillium canescens*	41
Mortierella renispora	54	*Penicillium canescens*	40	*Cephalosporiopsis*	38
Penicillium PN 21 *bis*	45	*Phoma*	20	*Penicillium lilacinum*	28
Penicillium lilacinum	44	*Penicillium lilacinum*	21	*Mortierella renispora*	26
Pyrenochaeta	43	*Mortierella renispora*	17	*Phoma*	26
Cephalosporiopsis imperfecta	40	*Penicillium* PN 21 *bis*	17	*Gliocladium roseum*	20
Verticillium	28	*Pestalozzia*	17	*Pyrenochaeta*	20
Stachybotrys alternans	28	*Tilachlidium racemosum*	16	*Penicillium* PN 21 *bis*	18
Gliocladium roseum	25	*Pyrenochaeta*	13	*Trichoderma lignorum*	13
Myrothecium	21	*Spicaria violacea*	13	*Stachybotrys alternans*	12
Fusarium bulbigenum	17	*Monotospora* DM 31	13	*Pestalozzia*	12
Fusarium oxysporum	16	*Cephalosporium* rose	12	*Spicaria violacea*	10

Pestalozzia	13	*Rhinotrichum*	10	*Monotospora* DM 31	7
Spicaria violacea	12	*Monotospora* DM 32	9	*Monotospora* DM 32	7
Cephalosporium à sclérotes	10	*Fusarium bulbigenum*	8	*Myrothecium*	7
Monotospora DM 31	8	*Gliomastix convoluta*	7	*Cephalosporium* rose	5
Mycelium stérile MY 7	8	*Penicillium restrictum*	7	*Tilachlidium*	5
Fusarium solani	6	*Fusarium solani*	5	*Penicillium tardum*	5
Tilachlidium racemosum	6	*Trichoderma lignorum*	5	*Aspergillus wentii*	4
Gliomastix convoluta	5	*Myrothecium*	3	*Fusarium bulbigenum*	4
Penicillium tardum	5	*Gliocladium roseum*	3	*Cephalosporium* à sclérotes	2
Trichoderma lignorum	4	*Aspergillus wentii*	3	*Penicillium restrictum*	2
Gloeosporium	3	*Gloeosporium*	2	*Gloeosporium*	1
Aspergillus wentii	3	*Cephalosporium* à sclérotes	2	*Fusarium solani*	1
		Penicillium tardum	1	*Rhinotrichum*	1

20 cm.

Penicillium lilacinum	92	*Penicillium lilacinum*	55	*Penicillium lilacinum*	38
Mortierella renispora	55	*Verticillium*	41	*Verticillium*	22
Penicillium canescens	43	*Penicillium canescens*	36	*Mortierella renispora*	20
Pyrenochaeta	33	*Mortierella renispora*	25	*Penicillium canescens*	10
Gliocladium roseum	26	*Cephalosporiopsis imperfecta*	22	*Cephalosporiopsis imperfecta*	8
Phoma	26	*Fusarium bulbigenum*	17	*Phoma*	6
Cephalosporium rose	24	*Phoma*	15	*Stachybotrys alternans*	6
Penicillium PN 21 *bis*	21	*Penicillium restrictum*	12	*Pyrenochaeta*	5
Verticillium	20	*Penicillium* PN 21 *bis*	11	*Fusarium bulbigenum*	5
Cephalosporiopsis imperfecta	19	*Spicaria violacea*	11	*Monotospora* DM 32	5
Stachybotrys alternans	18	*Gliomastix convoluta*	11	*Gliocladium roseum*	4
Monotospora DM 31	15	*Cephalosporium* rose	10	*Gliomastix convoluta*	4
Cephalosporium à sclérotes	13	*Stachybotrys alternans*	9	*Pestalozzia*	4
Fusarium bulbigenum	12	*Trichoderma lignorum*	9	*Monotospora* DM 31	3
Gliomastix convoluta	12	*Hormodendrum*	9	*Cephalosporium* à sclérotes	3
Pestalozzia	9	*Rhinotrichum*	9	*Tilachlidium racemosum*	3
Gleosporium	9	*Pyrenochaeta*	8	*Gloeosporium*	2
Tilachlidium racemosum	7	*Monotospora* DM 32	7	*Spicaria violacea*	2
Mycelium stérile MY 7	5	*Tilachlidium racemosum*	7	*Trichoderma lignorum*	2
Gliobotrys	5	*Monotospora* DM 31	5	*Penicillium restrictum*	2
Trichoderma lignorum	4	*Pestalozzia*	4	*Hormodendrum*	2
Myrothecium	4	*Fusarium solani*	3	*Penicillium* PN 21 *bis*	1
Spicaria violacea	4	*Cephalosporium* à sclérotes	3	*Fusarium solani*	1
Fusarium solani	4	*Gliocladium roseum*	3	*Cephalosporium* rose	1
Rhinotrichum	1	*Myrothecium*	2	*Penicillium tardum*	1
		Gloeosporium	2		
		Aspergillus wentii	1		

40 cm.

Penicillium lilacinum	271	*Penicillium lilacinum*	214	*Penicillium lilacinum*	56
Mortierella renispora	28	*Mortierella renispora*	18	*Mortierella renispora*	13
Gliomastix convoluta	16	*Cephalosporium* vert	13	*Cephalosporum* vert	6

(*a*) nombre de colonies correspondant à 20 mg de terre pour les profondeurs 5, 10, 20, 40 cm.
(*b*) nombre de colonies correspondant à 5 mg de terre pour la profondeur 80 cm.

TABLEAU XII *(suite)*

Profondeur : 40 cm.

Betterave juin		Blé septembre		Betterave septembre	
Cephalosporium vert	14	*Stysanus* sp.	8	*Gloeosporium* sp.	6
Gloeosporium sp.	13	*Gliomastix convoluta*	6	*Gliomastix convoluta*	3
Monotospora DM 31	9	*Verticillium* sp.	6	*Cephalosporiopsis imperfecta*	1
Fusarium solani	7	*Gloeosporium* sp.	6	*Stachybotrys alternans*	1
Coemensia pectinata	6	*Spicaria violacea*	6	*Fusarium bulbigenum*	1
Cephalosporium à sclérotes	5	*Cephalosporiopsis imperfecta*	5	*Monotospora* DM 32	1
Pyrenochaeta sp.	3	*Cylindrocarpon* TU 12	4	*Hormodendrum* sp.	1
Mycelium stérile MY 7	3	*Fusarium solani*	3		
Penicillium PN 21 *bis*	2	*Phoma* sp.	3		
Tilachlidium racemosum	2	*Cephalosporium* à sclérotes	2		
Verticillium sp.	2	*Penicillium canescens*	2		
Penicillium tardum	2	*Hormodendrum* sp.	2		
Aspergillus wentii	2	*Stachybotrys alternans*	1		
Pestalozzia sp.	1	*Pyrenochaeta* sp.	1		
Myrothecium sp.	1				
Cylindrocarpon TU 12	1				
		80 cm.			
Penicillium lilacinum (*b*)	74	*Penicillium lilacinum* (*b*)	24	*Penicillium lilacinum* (*b*)	21
Mortierella renispora	11	*Mortierella renispora*	5	*Mortierella renispora*	3
Fusarium solani	2	*Hormodendrum* sp.	5	*Cephalosporium* vert	3
Pyrenochaeta sp.	2	*Gloeosporium* sp.	1	*Gliomastix convoluta*	2
Cylindrocarpon TU 11	1	*Cephalosporium* vert	1	*Hormodendrum* sp.	2
Gloeosporium sp.	1	*Gliomastix convoluta*	1	*Gloeosporium* sp.	1
Penicillium sp. PN 21 *bis*	1	*Cephalosporiopsis imperfecta*	1	*Fusarium solani*	1
Stysanus sp.	1	*Stysanus* sp.	1	*Spicaria violacea*	1
Monochaetia sp.	1	*Monotospora* DM 31	1		
		Monotospora DM 32	1		

(*a*) nombre de colonies correspondant à 20 mg de terre pour les profondeurs 5, 10, 20, 40 cm.
(*b*) Nombre de colonies correspondant à 5 mg de terre pour la profondeur 80 cm.

Tableau XIII. — FRÉQUENCE DES ESPÈCES SUIVANT LA PROFONDEUR

Classement définitif (somme des 3 prélèvements) des espèces caractéristiques de chacun des niveaux

5 cm.		10 cm.		20 cm.	
Penicillium canescens (*a*)	192	*Penicillium canescens* (*a*)	153	*Penicillium lilacinum* (*a*)	175
Cephalosporiopsis imperfecta	124	*Cephalosporiopsis imperfecta*	123	*Mortierella renispora*	100
Verticillium sp.	109	*Verticillium* sp.	123	*Penicillium canescens*	89
Mortierella renispora	98	*Phoma* sp.	116	*Verticillium* sp.	83
Penicillium lilacinum	98	*Mortierella renispora*	98	*Cephalosporiopsis imperfecta*	49
Phoma sp.	86	*Penicillium lilacinum*	93	*Phoma* sp.	47
Pyrenochaeta sp.	73	*Penicillium* sp. PN 21 *bis*	80	*Pyrenochaeta* sp.	46
Penicillium sp. PN 21 *bis*	63	*Pyrenochaeta* sp.	76	*Cephalosporium* rose	35
Gliocladium roseum	51	*Stachybotrys alternans*	50	*Fusarium bulbigenum*	34
Stachybotrys alternans	46	*Gliocladium roseum*	48	*Penicillium* sp. PN 21 *bis*	33
Cephalosporium rose	32	*Pestalozzia* sp.	42	*Gliocladium roseum*	33
Pestalozzia sp.	30	*Spicaria violacea*	35	*Stachybotrys alternans*	33
Monotospora DM 31	30	*Cephalosporium* rose	31	*Gliomastix convoluta*	26
Fusarium bulbigenum	27	*Myrothecium* sp.	31	*Montoospora* DM 31	23
Trichoderma lignorum	24	*Fusarium bulbigenum*	29	*Cephalosporium* sp. à sclérotes	19
Myrothecium sp.	21	*Monotospora* DM 31	28	*Pestalozzia* sp.	17
Rhinotrichum sp.	20	*Tilachlidium racemosum*	27	*Spicaria violacea*	17
Tilachlidium racemosum	16	*Trichoderma lignorum*	21	*Tilachlidium racemosum*	17
Monotospora DM 32	16	*Gliomastix convoluta*	21	*Trichoderma lignorum*	15
Cephalosporium à sclérotes	14	*Monotospora* DM 32	16	*Gloeosporium* sp.	13
Gliomastix convoluta	13	*Cephalosporium* sp. à sclérotes	14	*Monotospora* DM 32	12
Spicaria violacea	11	*Fusarium solani*	12	*Rhinotrichum* sp.	9
Aspergillus wentii	8	*Rhinotrichum* sp.	11	*Fusarium solani*	8
Penicillium tardum	6	*Penicillium tardum*	11	*Myrothecium* sp.	6
Gloeosporium sp.	6	*Aspergillus wentii*	10	*Penicillium tardum*	1
Fusarium solani	4	*Gloeosporium* sp.	6	*Aspergillus wentii*	1

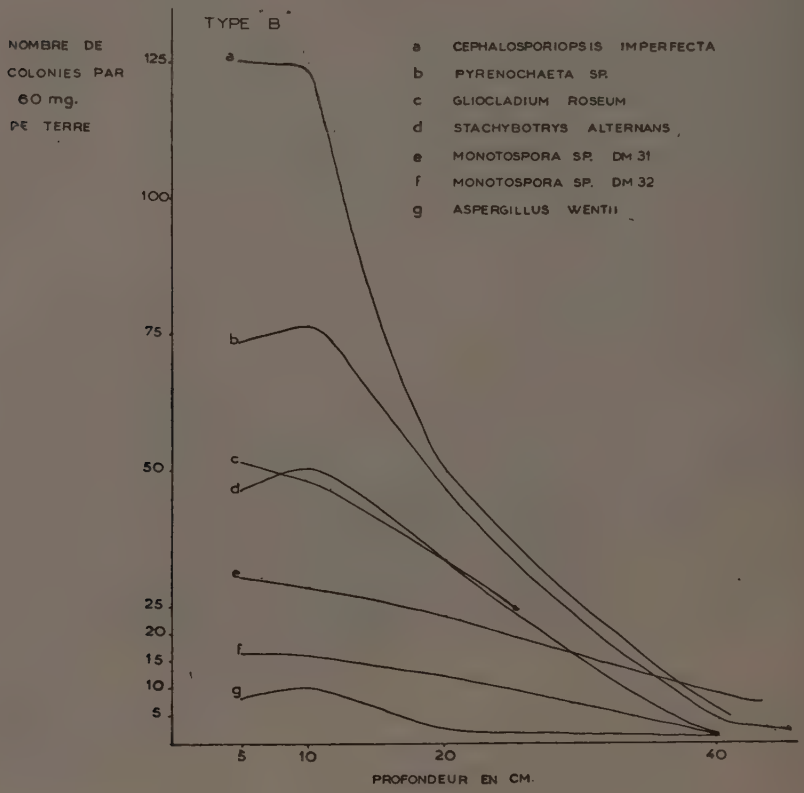
40 cm.		40 cm.		80 cm.	
Penicillium lilacinum (*a*)	541	*Phoma* sp.	3	*Penicillium lilacinum* (*b*)	119
Mortierella renispora	59	*Hormodendrum* sp.	3	*Mortierella renispora*	18
Cephalosporium sp. vert	33	*Penicillium tardum*	2	*Hormodendrum* sp.	5
Gliomastix convoluta	25	*Tilachlidium racemosum*	2	*Cephalosporium* sp. vert	4
Gloeosporium sp.	25	*Aspergillus wentii*	2	*Gloeosporium* sp.	3
Fusarium solani	10	*Penicillium canescens*	2	*Fusarium solani*	3
Verticillium sp.	8	*Penicillium* sp. PN 21 *bis*	1	*Gliomastix convoluta*	3
Cephalosporium sp. à sclérotes	7	*Pestalozzia* sp.	1		
Cephalosporiopsis imperfecta	6	*Stachybotrys alternans*	1		
Spicaria violacea	6	*Fusarium bulbigenum*	1		
Cylindrocarpon TU 12	5	*Myrothecium* sp.	1		
Pyrenochaeta sp.	4	*Monotospora* DM 32	1		

Remarque. A *80 cm* pour chacun des prélèvements seule la parcelle *sans engrais depuis 1902* a été interprétée, alors que les chiffres des horizons *5 10 20 et 40 cm* correspondent à l'ensemble des 4 parcelles : *Fumier NPK sans engrais depuis 1902, sans engrais depuis 1875.* Il est impossible du point de vue statistique d'extrapoler en multipliant les chiffres par 4 pour rendre comparables les résultats à 80 cm.

(*a*) nombre de colonies correspondant à 60 mg de terre. — (*b*) nombre de colonies correspondant à 15 mg de terre.

IV. — INFLUENCE DE LA PROFONDEUR

Le comportement des espèces à l'égard des 5 profondeurs 5, 10, 20, 40 et 80 cm et pour chacun des 3 prélèvements (Betterave, 9 juin, Blé, 6 septembre, Betterave, 30 septembre) est détaillé dans les tableaux : II, III et IV.

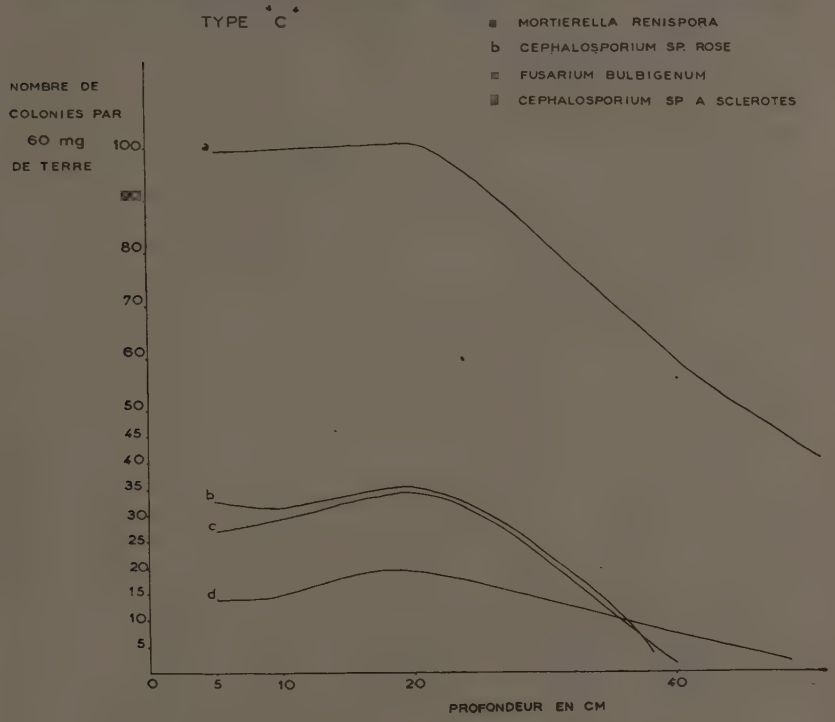


GRAPHIQUE I.

Graphiques I, II, III, IV. — Différents types de répartitions des espèces selon la profondeur.

La réduction quantitative (due aux conditions climatiques) observée au mois de septembre aussi bien dans la sole à betteraves que dans la sole à blé, n'a pas modifié sensiblement le comportement des espèces à l'égard de la profondeur. L'influence de l'assolement seul se manifeste par la fréquence anormale de quelques espèces telle que celle très élevée de *Rhinotrichum sp.*, *Hormodendrum sp.*, *Penicillium restrictum* ; elle

est liée sans doute à la présence des chaumes, ce qui paraît bien certain dans le cas d'*Hormodendrum sp.*, alors que la fréquence de *Gliocladium roseum* dans la même sole est très diminuée. La place de ces espèces dans le tableau général n'est donc pas significative. Mais, pour toutes les autres espèces, le tableau général donnant la somme des colonies des différentes espèces pour les 3 prélèvements réalisés pour chacune des

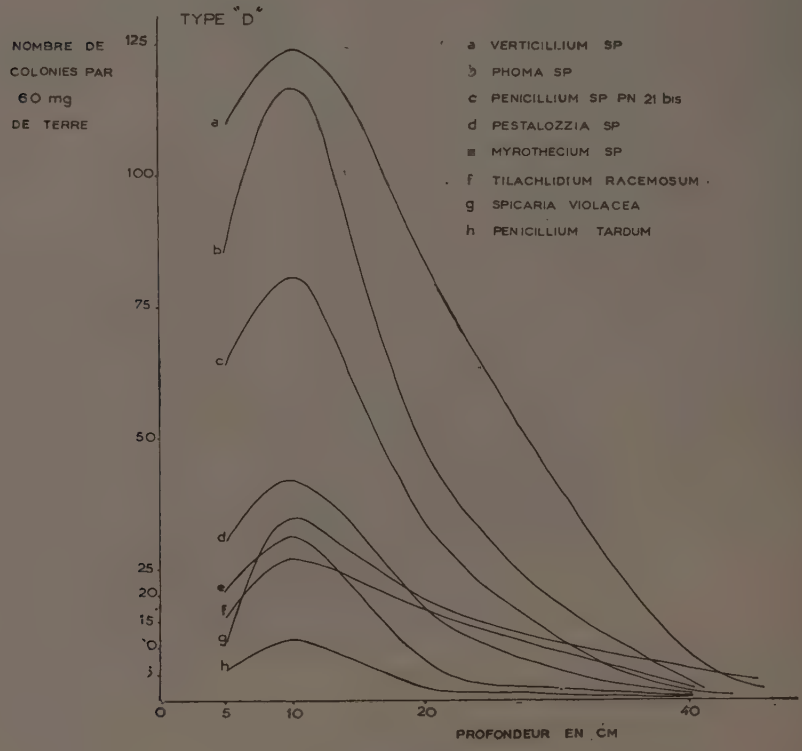


Graphique II.

5 profondeurs garde toute sa signification. On remarque que le nombre total des colonies des horizons 5, 10, 20, 40 cm porte sur l'ensemble des 4 parcelles : fumier, NPK, sans engrais depuis 1902 et sans engrais depuis 1875. Les colonies de l'horizon 80 cm ne proviennent que de la parcelle sans engrais depuis 1902. Les prélèvements supplémentaires faits à cette profondeur dans la parcelle NPK en septembre n'ont pas été interprétés puisque n'ayant pas été faits en juin. Cependant, si on les compare à ceux réalisés en septembre sur la parcelle sans engrais depuis 1902, on constate que l'horizon 80 cm est nettement plus riche en nombre de colonies pour un nombre d'espèces identique dans la parcelle sans engrais, que dans la parcelle NPK ; en fait cette différence ne joue dans le détail que par la

réduction du nombre des colonies de *Penicillium lilacinum*, ce qui semble curieux puisque c'est justement dans les parcelles NPK qu'il trouve, pour les horizons supérieurs, son optimum de fréquence.

à 80 cm	N P K	Sans engrais depuis 1902
Blé septembre	13 col. pour 8 esp. dont 5 col. de *Pen. lilac.*	33 col. pour 8 esp. dont 21 col. de *Pen. lilac.*
Bett sept.	14 col. pour 9 esp. dont 5 col. de *Pen. lilac.*	32 col. pour 9 esp. dont 21 col. de *Pen. lilac.*



Graphique III.

On peut classer les espèces les plus caractéristiques de deux manières :

1° à une profondeur donnée suivant leur fréquence, ainsi que le montrent les tableaux XII et XIII ;

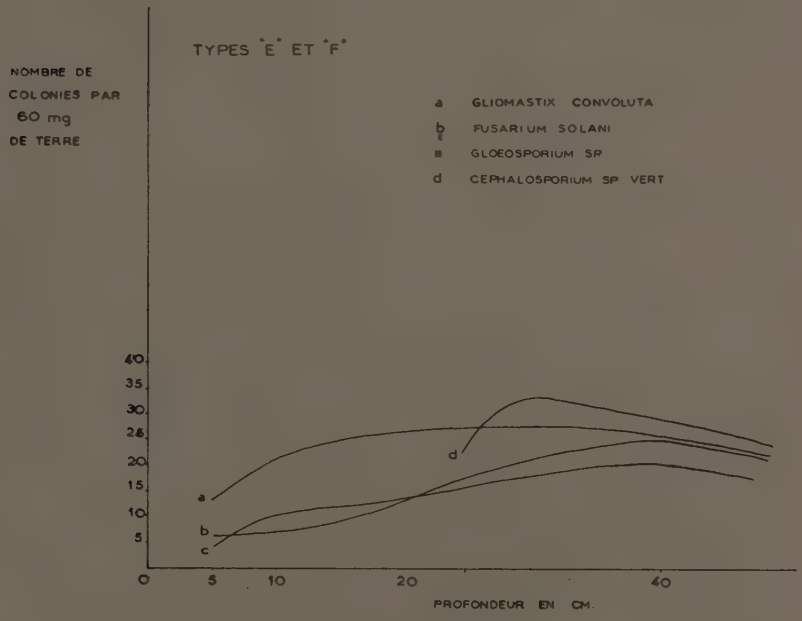
2° pour les 5 profondeurs étudiées suivant l'allure générale de leur comportement, illustré par les graphiques I, II, III, IV et V montrant les différents types de comportement suivant le profil du sol :

Type (a) — Espèces dont l'optimum de développement se situe *à 5 cm*, qui décroissent avec la profondeur en disparaissant très tôt :

Penicillium canescens.....	20 cm (signalé une fois à 40 cm)
Rhinotrichum sp.	20 cm
Trichoderma lignorum.....	20 cm

Type (b) — Espèces dont l'optimum de développement se situe *à 5 et 10 cm*, décroissant lentement à partir de 20 cm et brutalement à partir de 40 cm.

Gliocladium roseum	20 cm
Stachybotrys alternans	40 cm
Aspergillus wentii.....	40 cm
Monotospora sp. DM 32 ...	40 cm
Cephalosporiopsis imperfecta.	80 cm
Monotospora sp. DM 31 ...	80 cm
Pyrenochaeta sp.	80 cm



GRAPHIQUE IV.

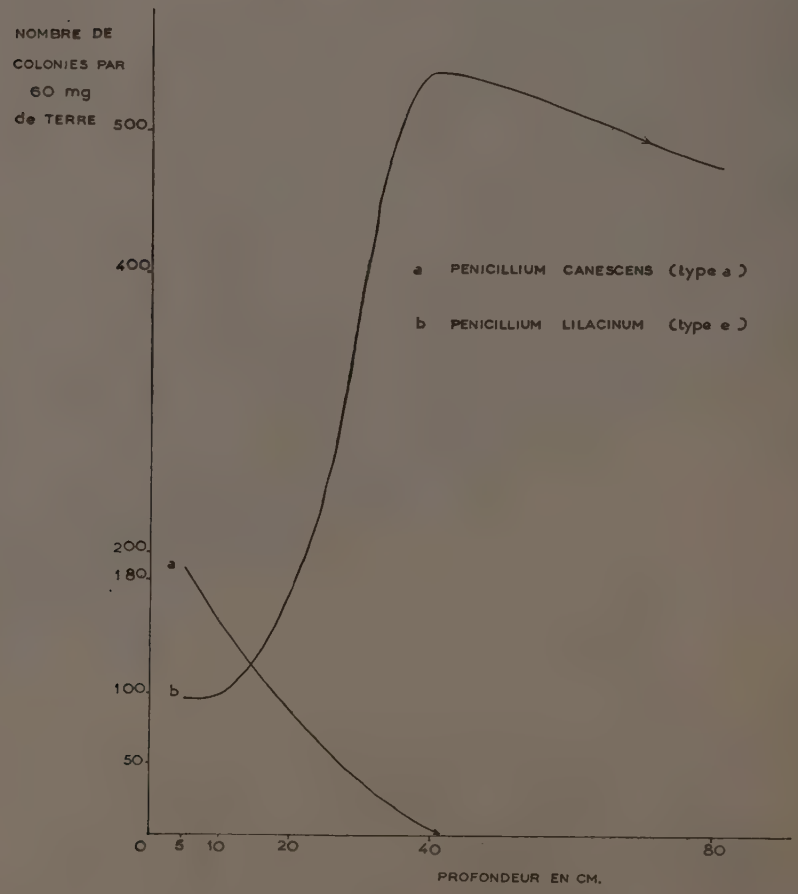
Type (c) — Espèces dont l'optimum de développement s'étage sur *5, 10 et 20 cm*, décroissant à partir de 20 cm où elles montrent souvent un léger optimum particulier :

Fusarium bulbigenum	40 cm
Cephalosporium sp. rose ...	40 cm
Cephalosporium sp. à scl....	80 cm
Mortierella renispora	80 cm

Type (d) — Espèces dont l'optimum de développement se situe *à 10 cm* exactement, décroissant de façon assez brusque à partir de cette profondeur :

Penicillium tardum	20 cm
Tilachlidium racemosum	40 cm
Pestalozzia sp.	40 cm
Myrothecium sp.	40 cm
Verticillium sp.	80 cm
Phoma sp.	40 cm
Spicaria violacea	80 cm
Penicillium sp. PN 21 bis ...	80 cm

Type (e) — Espèces dont l'optimum de développement se situe



GRAPHIQUE V.

Influence de la profondeur sur deux espèces à comportement opposé.

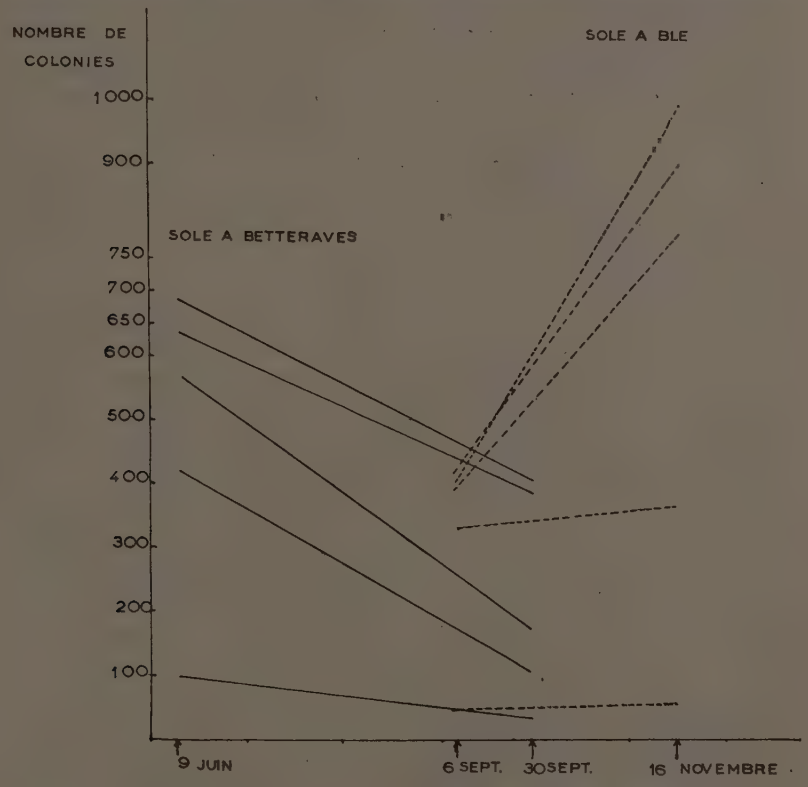
à 40 cm, croissant régulièrement depuis 5 cm et toujours présentes à 80 cm :

Penicillium lilacinum	80 cm
Gliomastix convoluta	80 cm
Fusarium solani	80 cm
Gloeosporium sp.	80 cm

Type (f) Espèces bien représentées mais uniquement à *40 cm*, absentes de tous les horizons supérieurs :

Coemensia pectinata ...:...	seulement à 40 cm
Gymnoascus AS 60	seulement à 40 cm
Cephalosporium sp. vert	80 cm

Nous verrons dans le chapitre VIII que la fumure peut modifier le comportement des espèces de la microflore à l'égard de la profondeur.



GRAPHIQUE VI.

Légende :

Répartition, pour chaque prélèvement, à une profondeur donnée, de la somme des colonies isolées :

— sur 4 parcelles, pour les profondeurs 5, 10, 20, 40 cm, (soit pour 20 mgr de terre)
— sur 1 parcelle, pour la profondeur 80 cm, (soit pour 5 mgr de terre).
— Sole à betteraves (de haut en bas) : 10, 5, 20, 40, 80 cm.
— Sole à blé (de haut en bas) : 5, 10, 20, 40, 80 cm.

V. — INFLUENCE DE LA FUMURE

A. — Influence de la fumure organique : fumier.

Le fumier est un milieu naturel possédant une microflore propre. Son incorporation dans le sol doit modifier la microflore autochtone de 2 façons :

— en introduisant des espèces étrangères ;

— en enrichissant le sol en éléments nutritifs variés, minéraux et organiques, favorisant ainsi le développement de ses propres espèces ainsi que celui de la microflore en place.

Dans le cas de nos prélèvements, il sera essentiel de définir la microflore propre au fumier avant son enfouissement. Ce qui figurera au programme de nos prochains essais. Nous pourrons alors seulement diviser la microflore isolée dans les parcelles à fumier en 4 groupes d'espèces :

1° Espèces propres au fumier et liées si intimement à sa présence qu'elles ont tendance à disparaître lorsque la dégradation du fumier dans le sol est totale. Ces espèces jouent un rôle secondaire puisque leur développement dans le sol est éphémère et que leur répartition qui suit celle des particules de fumier dans le sol est irrégulière ; elles apparaîtront au hasard des prélèvements et tendront à disparaître en fin de saison.

2° Espèces propres au fumier et susceptibles de s'adapter au « milieu sol » et d'y persister en s'y multipliant de façon appréciable.

Il aurait été intéressant de suivre la disparition ou la persistance de ces deux groupes d'espèces au cours de 2 années d'assolement avec enfouissement du fumier en tête d'assolement sur les soles à betteraves ; malheureusement le fumier est apporté sur chacune des deux soles : betteraves et blé. (Cette étude devra être entreprise sur d'autres parcelles.)

3° Espèces présentes naturellement dans le fumier et existant déjà dans les parcelles sans engrais.

Il y aura ainsi pour ces espèces un ensemencement supplémentaire, donc un nombre de colonies plus élevé sans que le rôle nutritif du fumier puisse être seul incriminé.

4° Espèces non présentes dans le fumier caractéristiques du sol des parcelles étudiées, réagissant vis-à-vis de l'apport du fumier de façon variable ; dans ce cas, l'influence du fumier relève uniquement de ses facteurs nutritifs.

Dans les 3 prélèvements, les parcelles à fumier ont livré un nombre d'espèces supérieur à celui des parcelles à NPK et sans engrais.

Il est normal de penser que les espèces propres au fumier sont responsables du nombre plus élevé d'espèces que dans toute autre parcelle. On peut même dire que l'écart de 10 espèces environ vis-à-vis des parcelles sans engrais ne traduit pas exactement le supplément apporté par le fumier. Il doit y avoir un nombre plus élevé d'espèces spéciales au fumier de sorte qu'en définitive les parcelles à fumier sont moins riches en espèces propres au sol que toute autre parcelle, certaines de ces dernières ayant été chassées ou inhibées par des espèces apportées par la fumure. Le fait que les parcelles à fumier se sont montrées particulièrement riches en bactéries, appuie tous les faits soulignés précédemment.

Parmi les espèces qui sont spéciales au fumier nous citerons : par déduction de la liste des autres parcelles (liste demandant vérification par analyse propre du fumier) :

Hypocréale associée à un *Graphium sp*
Aspergillus nidulans
Penicillium vermiculatum
Sporormia sp.
Melanospora sp.
Microascus associé à un *Scopulariopsis*
Pythium spinosum
Absidia glauca
Aspergillus restrictus
Scopulariopsis brevicaulis
Penicillium spp.
Cephalosporium sp. (blanc) MO 47
Graphium sp.
Coniothyrium sp.
Selenophoma sp.

Tableau XIV

COMPORTEMENT DES ASCOMYCÈTES DU 9 JUIN AU 16 NOVEMBRE DANS LES PARCELLES A FUMIER ET PAR RAPPORT AUX AUTRES PARCELLES

BETTERAVE 9 JUIN

Neocosmospora sp. — ? assoc. à un *Graphium*. — *Aspergillus nidulans*. — *Penicillium vermiculatum*. — *Microascus* sp.

Soit 10 colonies pour 5 espèces sur un total de 31 col. pour 10 esp. de l'ensemble du prélèvement, 4 espèces spéciales au fumier (soulignées).

BLÉ 6 SEPTEMBRE

Chaetomium globosum. — *Sporormia* sp. AS 14. — *Chaetomidium fimeti*. — *Melanospora* sp. — *Microascus* sp. — *Gymnoascus* sp. AS 85. — *Pleospora herbarum*.

Soit 8 colonies pour 7 espèces sur un total de 13 col. pour 9 esp. de l'ensemble du prélèvement 3 espèces spéciales au fumier.

BETTERAVE 30 SEPTEMBRE

Penicillium asperum. — *Chaetomidium fimeti*. — *Pleospora herbarum*. — *Sporormia* sp. AS 14.

Soit 4 colonies pour 4 espèces sur un total de 8 colonies pour 4 espèces de l'ensemble du prélèvement, 1 espèce spéciale au fumier.

BLÉ 16 NOVEMBRE

Chaetomium globosum. — *Penicillium asperum*. — *Penicillium vermiculatum*.

Soit 6 colonies pour 3 espèces sur un total de 13 col. pour 4 esp. de l'ensemble du prélèvement, 1 espèce spéciale au fumier.

soient 6 Ascomycètes, 2 Phycomycètes, 4 Mucédinées, plusieurs Pénicillium, 2 Sphæropsidées.

Ceci explique pour une grande part la richesse en Ascomycètes et Phycomycètes des parcelles à fumier (voir tableau XIV). A ce sujet il est assez démonstratif de constater qu'au mois de septembre la sole à betteraves n'a livré que 4 Ascomycètes, dont deux espèces non liées au fumier et caractéristiques de l'ensemble des parcelles : *Pleospora herbarum* et *Penicillium asperum* ; la disparition des espèces fimicoles serait en relation avec une dégradation poussée du fumier par la culture de la betterave à cette époque. Au contraire, dans la sole à blé à la même époque où le fumier a été enfoui depuis plus longtemps, le nombre des espèces d'Ascomycètes s'est maintenu mais par des espèces différentes de celles isolées sur la sole à betteraves au mois de juin (fumier moins dégradé ? influence et apport des chaumes déjà pourrissants?) ; ce comportement capricieux des Ascomycètes nous montre que l'on a affaire à des espèces rares liées intimement à la présence d'un substrat organique (fumier ou débris végétaux, non caractéristiques du sol).

Il est difficile de désigner des espèces favorisées spécialement par le fumier. Nous ne pouvons que mentionner des tendances : Action favorable sur :

— les phycomycètes sauf *Mortierella renispora* ;

— les Ascomycètes autres que les fimicoles stricts ;

— la majorité des Mucédinées, en particulier *Trichoderma lignorum*.

Action défavorable sur :

— les Dématiées (sauf *Stachybotrys alternans*).

B. — **Influence de la fumure minérale : NPK**

L'influence des engrais doit être essentiellement d'ordre nutritif, l'apport des espèces étrangères ne devant pas être très important sans être tout à fait négligeable.

Dans l'ensemble, la fumure minérale agit dans le même sens que la fumure organique avec quelques différences :

— Ascomycètes, Mucédinées et Phycomycètes influencés favorablement, moins cependant que par le fumier.

— *Penicillium*, qui trouvent leur optimum de développement dans ces parcelles en nombre d'espèces et nombre de colonies.

2 espèces réagissent particulièrement bien à NPK : ce sont *Penicillium lilacinum* et *Penicillium canescens*, qui par ailleurs, représentent à eux deux pour les 3 prélèvements environ 28 p. 100 du nombre total des colonies isolées. Ils se répartissent ainsi suivant les parcelles :

	Fumier	NPK	S. E. 1902	S. E. 1875	Total
Penicillium lilacinum.	141 15 %	318 35 %	240 27 %	208 23 %	906
Penicillium canescens.	139 31 %	184 43 %	67 15 %	46 11 %	436
	280	502	307	254	

L'influence de ces 2 champignons est telle que si on les soustrait du total des colonies isolées sur les 4 types de parcelles on obtient les résultats suivants :

Fumier	NPK	S. E. 1902	S. E. 1875
1309 — 280 = 1029	1534 — 502 = 1032	1042 — 307 = 735	951 — 254 = 697

Résultats qui indiquent que l'influence de la fumure est la même dans les parcelles à fumier et NPK et que la différence d'épuisement du sol des parcelles sans engrais entre 1875 et 1902 s'atténue sensiblement, ce qui dans les deux cas n'enlève pas à ces deux espèces la propriété d'être très sensibles au facteur nutritif en général et pour *Penicillium lilacinum* en particulier, celle d'être favorisé nettement par la fumure minérale NPK et défavorisé aussi nettement par la fumure organique.

C. — **Influence des principes nutritifs de la fumure en général.**

Ainsi (si l'on met à part quelques espèces particulières), la fumure, qu'elle soit organique ou minérale, agit principalement par enrichissement du sol en substances nutritives et nous ne dissocierons pas dans leur action les 2 types de fumure. Leur action combinée nous a permis de classer les espèces choisies parmi les plus fréquentes en trois catégories en fonction de leur sensibilité à l'égard de la fumure (en comparant leur fréquence dans les parcelles fumées d'une part et les parcelles sans engrais couplées d'autre part).

Les résultats obtenus au cours des 3 prélèvements (Betteraves, juin, Blé, septembre, Betterave, septembre) sont consignés dans les tableaux XV, XVI et XVII.

Le comportement de certaines espèces, indifférentes, favorisées et défavorisées par la fumure, a subi des modifications suivant l'époque et l'assolement. Cependant ces modifications ne vont pas jusqu'à inverser les résultats qui peuvent traduire la tendance définitive des espèces par la répartition suivante :

1° Espèces nettement favorisées

a) Nous admettrons que les espèces les plus sensibles sont celles qui, favorisées en juin, sont devenues indifférentes en septembre alors que la réduction des substances nutritives (au profit de la récolte) s'est fait sentir.

Tableau XV

INFLUENCE DE LA FUMURE

JUIN — BETTERAVE	Somme des colonies isolées sur l'ensemble des parcelles fumées (fumier + NPK) pour chaque profondeur					Somme des colonies isolées sur l'ensemble des parcelles sans engrais depuis : (1875 + 1902) pour chaque profondeur				
	Total (a)	5	10	20	40	Total	5	10	20	40
Espèces indifférentes (8)										
Pyrenochaeta sp.	60	17	27	13	3	54	18	16	20	—
Cephalosporiopsis imperfecta	41	19	18	4	—	64	26	22	15	1
Verticillium sp.	38	10	16	10	2	35	13	12	10	—
Fusarium bulbigenum	27	8	10	9	—	18	8	7	3	—
Gliomastix convoluta	18	—	2	8	8	17	1	4	4	8
Cephalosporium à sclérotes	18	5	5	3	5	17	2	5	10	—
Fusarium solani	11	2	3	3	3	10	1	3	2	4
Cephalosporium vert	8	—	—	—	8	6	—	—	—	6
	221	61	81	50	29	221	69	69	64	19
		28 %	36 %	23 %	13 %		31 %	31 %	29 %	9 %
Espèces favorisées (8)										
Penicillium canescens	159	80	52	27	—	63	27	20	16	—
Phoma sp.	103	17	54	32	—	38	18	16	4	—
Penicillium PN 21 *bis*	80	30	30	18	2	23	5	15	3	—
Gliocladium roseum	68	29	17	21	1	18	6	8	4	—
Stachybotrys alternans	45	16	19	10	—	23	6	9	8	—
Trichoderma lignorum	15	8	4	3	—	7	4	2	1	—
Trichurus gorgonifer	6	1	2	2	1	2	1	—	1	—
Penicillium tardum	10	3	5	—	2	0	—	—	—	—
	486	184	183	113	6	174	67	70	37	0
		38 %	38 %	23 %	1 %		39 %	41 %	20 %	0 %
Espèces non favorisées (6)										
Pestalozzia sp.	13	5	5	2	1	24	9	8	7	—
Myrothecium sp. TU 3	12	5	6	—	1	27	8	15	4	—
Gloeosporium sp.	11	1	1	3	6	17	2	2	6	7
Fusarium oxysporum	9	4	4	1	—	17	4	12	1	—
Spicaria violacea	5	1	1	2	1	18	5	11	2	—
Gliocladium fimbriatum	2	—	1	1	—	10	3	4	3	—
	52	16	18	9	9	113	31	52	23	7
		31 %	35 %	17 %	17 %		27 %	46 %	20 %	7 %

(a) Pour chaque espèce le chiffre total correspond au nombre de colonies par 40 mg de terre.

Ces espèces sont :

Gliocladium roseum, Trichurus gorgonifer, Penicillium tardum, Tilachlidium racemosum.

b) Les espèces suivantes :

Penicillium canescens, Phoma sp., Penicillium sp. 21 *bis, Stachybotrys alternans, Trichoderma lignorum,* sont sensibles mais s'accommodent de la réduction.

Remarques. — Le cas de *Penicillium lilacinum* est particulier puisque seule la fumure NPK est favorable à cette espèce.

Tableau XVI
INFLUENCE DE LA FUMURE

SEPTEMBRE — BLÉ	Somme des colonies isolées sur l'ensemble des parcelles fumées (fumier + NPK) pour chaque profondeur					Somme des colonies isolées sur l'ensemble des parcelles sans engrais depuis : (1875 + 1902) pour chaque profondeur				
	Total	5	10	20	40	Total	5	10	20	40
Espèces indifférentes (7)										
Pyrenochaeta sp.	31	12	8	11	—	25	5	7	7	1
Fusarium bulbigenum	18	4	6	8	—	13	2	2	9	—
Tilachlidium	18	6	6	6	—	15	4	10	1	—
Spicaria violacea	14	1	2	6	5	20	3	11	5	1
Cephalosporium MO 45	12	1	6	5	—	13	2	6	5	—
Cephalosporium vert	5	—	—	—	5	8	—	—	—	8
Stysanus sp.	5	—	1	1	3	5	—	—	—	5
	103	24	29	37	13	99	23	34	27	15
		23 %	28 %	36 %	13 %		24 %	34 %	27 %	15 %
Espèces favorisées (9)										
Verticillium sp.	99	30	33	30	6	45	15	19	11	—
Penicillium canescens	90	26	30	32	2	21	7	10	4	—
Cephalosporiopsis imperfecta	76	30	28	14	4	35	8	17	8	1
Phoma sp.	39	15	13	9	2	22	8	7	6	1
Penicillium PN 21 *bis*	36	13	13	10	—	9	4	4	1	—
Pestalozzia sp.	22	4	16	2	—	4	1	1	2	—
Stachybotrys alternans	19	4	7	7	1	8	3	3	2	—
Trichoderma lignorum	18	7	4	7	—	3	—	1	2	—
Gliocladium roseum	10	4	3	3	—	0	—	—	—	—
	409	133	147	114	15	146	46	62	36	2
		32 %	36 %	28 %	4 %		32 %	42 %	25 %	1 %
Espèces défavorisées (4)										
Monotospora DM 32	7	5	2	—	—	32	7	17	8	—
Gliomastix convoluta	8	—	2	3	3	23	7	5	8	3
Gloeosporium sp.	5	1	1	2	1	8	2	1	—	5
Rhinotrichum sp.	3	3	—	—	—	35	16	10	9	—
	23	9	5	5	4	98	32	33	25	8
		39 %	22 %	22 %	17 %		33 %	34 %	25 %	8 %

(*a*) Pour chaque espèce le chiffre total correspond au nombre de colonies par 40 mg de terre.

Cephalosporiopsis imperfecta et *Verticillium sp.* non favorisés en juin par un excès de fumure, montrent toutefois en septembre un optimum de croissance dans les parcelles fumées, alors que dans l'ensemble toutes les autres espèces sont en régression et plus particulièrement dans les parcelles fumées. Ces 2 espèces constituent également un cas particulier intéressant.

2° Espèces indifférentes

Pyrenochaeta sp., Fusarium bulbigenum, Cephalosporium sp. vert.

Remarque. — *Mortierella*, espèce nettement indifférente n'est pas interprétée dans les tableaux XV, XVI et XVII par suite de son comportement vis-à-vis de la profondeur, de sa très grande fréquence, particulièrement à 40 cm, où le nombre des colonies égale celui de l'ensemble

Tableau XVII

INFLUENCE DE LA FUMURE

SEPTEMBRE — BETTERAVE	Somme des colonies isolées sur l'ensemble des parcelles fumées (fumier + NPK) pour chaque profondeur					Somme des colonies isolées sur l'ensemble des parcelles sans engrais depuis (1875 + 1902) pour chaque profondeur				
	Total (a)	5	10	20	40	Total	5	10	20	40
Espèces indifférentes (5)										
Pyrenochaeta	20	8	11	1	—	17	4	9	4	—
Gliocladium roseum	16	6	6	4	—	20	6	14	—	—
Pestalozzia	12	2	7	3	—	12	8	3	1	—
Cephalosporium vert	3	—	—	—	3	3	—	—	—	3
Monotospora DM 32	5	—	2	3	—	7	5	1	1	—
	56	16	26	11	3	59	23	27	6	3
		29 %	46 %	20 %	5 %		39 %	46 %	10 %	5 %
Espèces favorisées (11)										
Verticillium	78	31	30	7	—	28	10	13	5	—
Penicillium canescens	74	38	30	6	—	29	14	11	4	—
Cephalosporiopsis imperfecta	74	37	30	6	1	14	4	8	2	—
Phoma sp.	47	24	20	3	—	13	4	6	3	—
Penicillium PN 21 *bis*	24	9	15	—	—	6	2	3	1	—
Trichoderma lignorum	20	5	13	2	—	0	—	—	—	—
Stachybotrys alternans	21	10	6	4	1	15	7	6	2	—
Tilachlidium racemosum	10	4	4	2	—	3	2	—	1	—
Cephalosporium rose	8	4	3	1	—	3	1	2	—	—
Penicillium tardum	4	1	2	1	—	0	—	—	—	—
Trichurus gorgonifer	3	—	2	1	—	0	—	—	—	—
	363	163	155	43	2	111	44	49	18	0
		45 %	42 %	12 %	1 %		40 %	44 %	16 %	0 %
Espèces défavorisées (3)										
Monotospora DM 31	5	1	4	—	—	16	8	6	2	—
Gliomastix convoluta	6	—	3	2	1	14	5	6	1	2
Gloeosporium	1	—	—	—	1	7	—	1	2	4
	12	1	7	2	2	37	13	13	5	6
		8 %	58 %	17 %	17 %		35 %	35 %	14 %	16 %

(a) Pour chaque espèce le chiffre total correspond au nombre de colonies par 40 mg de terre.

des autres espèces indifférentes. Son interprétation couplée avec celle des autres espèces masquerait et même déformerait les tendances dégagées par le tableau XX (voir corrélations, chapitre VIII).

3° Espèces défavorisées

Monotospora sp. DM 31, *Monotospora sp.* DM 32, *Gloeosporium sp.*, *Gliomastix convoluta.*

Les tableaux XV, XVI et XVII donnent également la répartition en profondeur des 3 types d'espèces suivant qu'elles sont dans les parcelles fumées ou non. Les pourcentages variables suivant les 4 profondeurs, 5, 10, 20 et 40 cm, nous serviront dans l'interprétation des corrélations : voir chapitre VIII.

VI. — INFLUENCE DE L'ASSOLEMENT

On n'observe pas, au mois de septembre, de modifications remarquables entre la sole à blé et celle à betteraves. Au contraire ces 2 soles montrent, par rapport à la sole à betteraves étudiée en juin, une réduction dans la fréquence des colonies imputable seulement aux conditions climatiques défavorables de l'été.

Seules quelques modifications de détail sont à signaler : ces modifications sont en rapport étroit avec la culture du blé :

— fréquence plus élevée de quelques espèces qui sont rares dans les soles à betteraves :

Rhinotrichum sp.

Hormodendrum sp. (vraisemblablement *Hormodendrum cladosporioides*).

Penicillium restrictum ;

— apparition de certaines espèces spéciales au blé : *Fusarium culmorum* (mais très rare) ;

— fréquence réduite de *Gliocladium roseum* ; cette réduction est assez mystérieuse, car cette espèce est très banale et très commune, aussi bien dans les parcelles de la Station Agronomique que dans tous les champs cultivés des environs que nous avons prospectés.

Les chaumes de blé, après la moisson située aux environs du 15 juillet, dépérissent lentement pendant l'été et deviennent un milieu de culture pour un certain nombre de saprophytes et de parasites accessoires ; la sporulation de ces derniers enrichit les premiers centimètres du sol ; nos prélèvements de sol ne débutant qu'à partir de 5 cm n'ont pas permis de déceler cet enrichissement. Mais cette observation nous a permis de constater que si les premiers doivent renfermer une microflore complexe dont la composition varie avec la diversité des débris végétaux pourissants en surface, dès qu'on atteint la profondeur de 5 cm la structure de la microflore est relativement stable dans toutes les parcelles étudiées.

On aurait pu penser que la culture du blé revenant régulièrement tous les deux ans, aurait marqué de son empreinte la microflore ; or, dans aucun de nos isolements dans les différentes parcelles, comme d'ailleurs dans aucun des prélèvements réalisés sur des cultures de blé environnantes, il nous a été possible d'isoler certains parasites du blé, tels que *Cercosporella herpotrichoides* ou *Ophiobolus graminis*, même au niveau de pieds parasités. Cette remarque est valable pour toutes ou presque toutes les espèces parasites des plantes cultivées et adventices qui sont absentes de nos isolements.

Ces espèces proviennent naturellement des organes aériens de la végétation en place et des débris tombés à terre ; elles se localisent alors dans les tout premiers centimètres, ce qui nous obligera à prospecter la

surface même du sol, afin de les mettre en évidence. Mais cette localisation en surface est éphémère du fait de l'entraînement des spores en profondeur et surtout du fait du retournement de la terre sur 15 à 20 cm de profondeur par les labours d'automne qui dans ces parcelles sont faits de façon homogène à la bêche. Ainsi une autre explication de leur absence s'impose ; ces germes n'ayant pas de vie active dans le sol perdent pendant les mois d'hiver leur pouvoir germinatif, ne se conservant que par des *spores durables* ou autres formes de conservation (les prélèvements que nous comptons réaliser cet hiver, nous renseigneront à ce sujet). Enfin une explication valable à toutes les époques de l'année est la suivante : la plupart des espèces parasites ont acquis des exigences nutritives du fait de leur parasitisme qu'elles ne trouvent pas réalisées dans les milieux plus ou moins synthétiques employés dans nos isolements.

Pour résoudre ce problème, des techniques nouvelles devront être employées :

— Examen direct des particules de sol des différents horizons permettant de mettre en évidence des espèces présentes dans le sol par leurs spores ou autres organes végétatifs et reproducteurs, permettant également pour les espèces isolées normalement dans nos boîtes d'ensemencement d'apprécier globalement leur fréquence (nombre de spores par gramme de terre), qui pourra être ainsi comparée à celle provenant des comptages en boîtes de Pétri.

— Prospection de la flore fongique des débris végétaux de surface afin de définir la microflore de surface dont la comparaison avec la microflore du sol nous permettra d'élucider certains problèmes intéressants, tels que l'approvisionnement des espèces de la microflore du sol, le cycle de certaines espèces, l'influence générale de la végétation de surface et également l'influence du système racinaire des plantes dominantes (blé, betterave, ***Polygonum aviculare, Setaria glauca, Mercurialis annua)*** par l'étude de leur rhizosphère fongique.

— Emploi de milieux spéciaux favorisant le développement des espèces parasites récalcitrantes.

En conclusion, nous pouvons dire que l'influence négligeable de l'assolement des parcelles étudiées tient dans le fait que les cultures alternantes de blé et de betteraves ne permettent pas la sélection des espèces de la microflore (sauf rares exceptions), mais au contraire permettent d'assurer l'homogénéité de la microflore.

Pour faire apparaître une telle sélection de la microflore à l'égard d'un type de culture ou de plantes données, les prélèvements devront s'effectuer sur des parcelles où la culture de ces plantes est répétée depuis de nombreuses années. Dans la Station d'Agriculture voisine de la Station Agronomique, une culture de blé sur blé depuis cinquante ans constituera une telle parcelle de choix.

VII. — INFLUENCE DES CONDITIONS CLIMATIQUES

A. — Mise en évidence et rôle des facteurs climatiques.

Les facteurs climatiques essentiels agissant entre le mois de juin et le mois de septembre sont : la température et la pluviosité, qui agiront en modifiant la température, la teneur en eau du sol et son oxygénation.

— La température agit directement sur le développement et la sporulation ;

— la teneur en eau du sol agit indirectement en assurant la dissolution des substances nutritives et en permettant les échanges entre le mycélium et l'eau libre d'une part et de ses substances dissoutes d'autre part ;

— l'aération du sol règle la répartition des espèces aérobies et anaérobies.

En principe, la *température* ambiante (notée sous abri) au-dessus du sol est favorable pendant l'été à la microflore bactério-fongique, mais la *température réelle du sol* des horizons (variable avec la profondeur) est toute différente. Les horizons superficiels sont surchauffés au soleil surtout si le sol est nu (nous n'avons pas malheureusement de notations à ce sujet, indispensable dans l'avenir). Cet excès de température doit être plus favorable aux bactéries en général, qu'aux champignons.

La teneur en eau du sol par contre agit défavorablement pendant la même période, car elle diminue sensiblement par suite de l'évaporation intense et de l'exportation de l'eau par la culture en place. Ce facteur est donc limitant. Cette teneur en eau agit seule, les précipitations orageuses de l'été ne la modifient pas sensiblement (bien qu'il soit tombé 157 mm d'eau en été, du 9 juin au 6 septembre), pour 93 mm du 9 mars au 9 juin.

L'aération du sol est modifiée en été, défavorablement, l'action combinée de la chaleur, de l'évaporation, des précipitations orageuses, aboutit à un tassement du sol.

B. — Modifications apportées à la microflore.

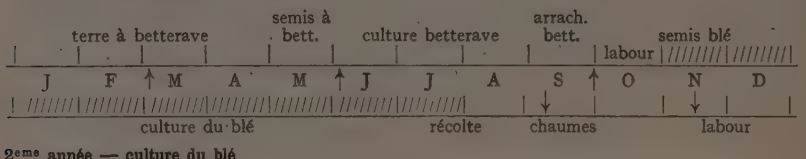
L'influence combinée de ces 3 facteurs s'est traduite au mois de septembre par une réduction du nombre de colonies isolées, chiffrée par une perte par rapport aux résultats de juin, de 34 p. 100 sur la sole à blé et de 53 p. 100 sur la sole à betteraves.

Nous avons vu que l'assolement est, en grande partie, responsable d'une telle différence entre la sole à blé et à betteraves (voir tableaux XVIII et XIX). Par contre dès le 16 novembre, sur les parcelles à blé,

grâce aux pluies d'automne et à une température suffisante, le nombre des colonies s'est relevé de façon si importante, qu'il dépasse largement celui des colonies isolées le 9 juin ; cette augmentation se chiffre par un gain de 31 p. 100 en moyenne. Si l'on compare les prélèvements faits sur les parcelles à blé le 6 septembre et le 16 novembre, le gain réalisé se chiffre alors à 200 p. 100 pour un décalage de deux mois seulement, montrant ainsi la rapidité avec laquelle la microflore fongique réagit à une modification des conditions climatiques.

N'ayant pas réalisé de comptages pour le prélèvement du 7 mars, nous ne sommes pas en mesure de définir la période optimum de développement de la microflore fongique ; d'autre part les parcelles cultivées sur lesquelles nous travaillons ne se prêtent pas à des prélèvements régulièrement espacés dans le temps ; s'il est vrai que les parcelles portant les betteraves peuvent être prospectées pendant toute la durée de leur culture, étant donné le large écartement du semis, les parcelles à blé, par contre, rayonnées à 15-20 cm, interdisent tout prélèvement du 31 octobre au 31 juillet. Ainsi, il ne nous est pas possible de suivre une parcelle durant une année entière. La courbe de l'évolution de la microflore suivant les époques de l'année ne pourra se dresser qu'après deux années d'expérimentation (comme le montre le schéma situé plus loin). Elle

SCHÉMA INDIQUANT LES PÉRIODES DE POSSIBILITÉ DE PRÉLÈVEMENT DURANT UNE ROTATION



sera encore imparfaite, puisque l'ensemble des observations sera la somme d'observations réalisées les unes sur la sole à blé les autres sur la sole à betteraves et que pour une même date de prélèvement le comportement de la microflore est assez nettement différent suivant ces deux soles, comme le montre le graphique nº VI et les tableaux XVIII et XIX.

La réduction s'est faite à peu près uniformément suivant les différentes espèces de la microflore. Il faut noter toutefois que les *Stilbacées* (grâce au *Stysanus*, espèce de profondeur) n'ont pas montré de réduction mais au contraire une fréquence plus élevée, par contre les *Phycomycètes* et les *Ascomyctèes* (sauf dans la sole à blé) ont montré une réduction très sensible. Les *Phycomycètes* en particulier sont très bien

représentés au mois de mars par 11 espèces, 6 espèces au 9 juin, 5 espèces au 6 septembre, et seulement 3 espèces au 30 septembre ; parmi les genres disparus on note tous les Mucor et parmi les espèces qui se sont maintenues : *Mortierella renispora* est une des 5 espèces fondamentales de nos parcelles, *Absidia spinosa* et *glauca* sont présentes dans le sol par leurs zygotes très résistants.

Tableau XVIII

INFLUENCE DE LA FUMURE, DE LA PROFONDEUR DE L'ASSOLEMENT ET DES FACTEURS CLIMATIQUES

	Betterave 9 juin		Blé(chaumes) 6 sept.		Betterave 30 sept.		Blé(chaumes) 16 nov.	
	colonies	espèces	colonies	espèces	colonies	espèces	colonies	espèces
Fumier	650	60	349	55	332	56	908	57
NPK	669	57	507	48	369	52	862	52
S. E. 1902	500	49	352	43	191	38	691	42
S. E. 1875	481	51	308	40	172	39	556	48
Total pour les 4 parcelles à 5-10-20-40 cm	*2 300*	*91*	*1 516*	*89*	*1 064*	*89*	*3 017*	*96*
5 cm	635	60	395	52	385	55	979	53
10 cm	680	60	411	49	403	49	890	49
20 cm	565	58	385	50	173	44	784	50
40 cm	420	36	327	28	103	20	364	37
S. E. 1902, 80 cm 1 par.	*99*	*13*	*46*	*14*	*35*	*9*	*51*	*11*

RÉPARTITION EN FONCTION DE LA PROFONDEUR DU NOMBRE DE COLONIES DES DIFFÉRENTS NIVEAUX, RAPPORTÉ POUR CHAQUE PRÉLÈVEMENT A 100 COLONIES DU NIVEAU 5 CM (DES 4 PARCELLES)

		Betterave juin	Blé sept.	Betterave septembre	Blé nov.
Profondeur	5	*100*	*100*	*100*	*100*
	10	109	103	105	91
	20	90	96	45	80
	40	67	82	27	37
	80*	90	40	60	24

* Rapporté à 100 colonies du niveau 5 cm., uniquement de la parcelle S. E. depuis 1902.

Enfin, la réduction agissant uniformément, les espèces rares ont la plupart du temps disparu, tandis que de nouvelles aussi rares apparaissant en compensation, le nombre total des espèces ne s'est pas modifié sensiblement. Quant aux espèces fréquentes et peu fréquentes, la réduction agit sans modifier leur présence et leur fréquence relative.

TABLEAU XIX

PERTE OU GAIN PAR RAPPORT AU PRÉLÈVEMENT DE JUIN, EN NOMBRE DE COLONIES RAPPORTÉ A 100 COLONIES DE LA PARCELLE NPK ET DE LA PROFONDEUR 10 CM POUR CHACUN DES 3 AUTRES PRÉLÈVEMENTS, SUIVANT LES PARCELLES ET SUIVANT LES PROFONDEURS

	Betterave 9 juin	Blé 6 septembre	Betterave 30 sept.	Blé 16 novembre
Fumier	97	52 perte 46 %	50 perte 48 %	136 gain 40 %
NPK	*100*	76 » 24 %	55 » 45 %	131 » 31 %
S. E. depuis 1902	75	53 » 30 %	29 » 62 %	104 » 38 %
S. E. depuis 1875	72	46 » 36 %	26 » 64 %	83 » 14 %
Profondeur 5	93	58 » 38 %	57 » 39 %	145 « 58 %
10	*100*	61 » 39 %	59 » 41 %	132 » 32 %
20	83	56 » 32 %	26 » 68 %	116 » 39 %
40	62	48 » 22 %	15 » 76 %	54 perte 13 %
* 80	*100*	47 » 53 %	34 » 66 %	51 » 49 %
Total		perte moyenne 34 %	perte moyenne 53 %	Gain moyen 31 %

* A 80 cm seule la parcelle S. E. depuis 1902 a été interprétée ; le nombre de colonies est rapporté à 100 colonies de la parcelle SE., depuis 1902, à 80 cm, au mois de juin.

C. — Interprétations du rôle des facteurs climatiques.

1° LA TEMPÉRATURE

Alors que l'optimum de développement d'un champignon pris individuellement en culture pure, se situe aux environs de 25 à 30°C, il semble qu'il soit très différent pour le complexe bactério-fongique dans les conditions qui lui sont offertes tant dans le milieu sol que dans celui réalisé par ensemencement en boîtes de Pétri. D'après nos observations, l'optimum de développement dans les boîtes d'ensemencement où le complexe bactério-fongique se représente tel qu'il est dans la nature, se situe entre 20 et 22°C. Dès que l'on dépasse 25°C les bactéries et les champignons à développement rapide prennent le dessus, restreignent et même inhibent le développement des autres espèces.

C'est sans doute ce qui se passe dans les parcelles étudiées pendant les mois d'été ; cette observation trouve d'ailleurs confirmation dans le fait que les boîtes d'ensemencement de septembre se sont montrées particulièrement riches en bactéries. Ceci expliquerait la diminution d'apparition des colonies fongiques dans nos boîtes de Pétri, inhibées par les bactéries. Cette inhibition observée au laboratoire n'exclut pas, mais au contraire, confirme la réduction préalable dans le sol prélevé des germes fongiques au profit des bactéries.

A ce propos, il est bon d'ouvrir une parenthèse intéressante au sujet de la technique de prélèvements et d'isolements. Dans le cas d'un sol

plus ou moins compact comme c'est le cas du limon argilo-calcaire de nos parcelles, il doit se passer le minimum de temps entre le prélèvement du sol et l'ensemencement de la dilution. En effet, nous avons remarqué que, en moins de 2 jours après son prélèvement, la terre devient un véritable milieu bactérien rendant impossible l'observation des colonies fongiques qui même dans certains cas sont totalement inhibées C'est afin de ne pas modifier la structure microbienne et fongique des prélèvements que nous employons des tubes de prélèvement de grand diamètre ; on y recueille environ 100 g de terre remplissant environ 1/4 du tube, ce qui permet ensuite une homogénéisation facile des 5 échantillons qu'il contient. Il évite ainsi dans les heures suivant le prélèvement (environ 4 heures pour prospecter les 17 ou 18 horizons étudiés) les fermentations qui se produisent dans un tube étroit bourré de terre. Après homogénéisation, environ 15 g de terre sont transvasés stérilement dans un erlenmeyer à 250 cc où la terre s'étale dans le fond sur une faible épaisseur évitant ainsi le confinement. L'idéal serait de réaliser les prélèvements le matin et d'ensemencer l'après-midi même. Dans les sols légers, l'aération naturelle satisfaisante, permet une plus longue attente entre les deux opérations (allant jusqu'à 8 jours environ)

Ce qui se passe *in vitro* dans les boîtes d'ensemencement ne doit pas manquer de se réaliser sur le terrain.

Pendant l'été, l'évaporation aboutit rapidement à un tassement du sol. Les pluies orageuses (l'une en juillet a atteint 100 mm en 3 jours) saturent rapidement les couches supérieures, les asphyxient et la chaleur forte aidant, contribuent à la réalisation d'une atmosphère interne favorable à la pullulation bactérienne. Évidemment, l'évaporation rétablit rapidement la situation mais en se répétant assez souvent ces alternatives de multiplication de bactéries se conjuguent aux conditions xérothermiques intermittentes pour entraver le développement et la sporulation de la microflore fongique.

2° L'HUMIDITÉ

Les pluies orageuses pourraient être incriminées dans la déperdition du nombre de colonies par un lessivage exagéré. Or, ce lessivage aboutirait à une intrication des espèces suivant la profondeur ; mais les prélèvements de septembre, s'ils ont montré une réduction dans la fréquence des espèces n'ont pas montré de modifications dans leur comportement vis-à-vis de la profondeur, et les courbes traduisant ce comportement sont parfaitement homologues (voir chapitre précédent). Même si le lessivage entraînait les spores au-delà de 80 cm, il se produirait une perturbation dans les horizons supérieurs. D'autre part, un tel lessivage de spores devrait aboutir à une sédimentation variable suivant la taille ou le volume des différentes spores, ce qui ne se vérifie pas :

beaucoup d'Ascomycètes à grosses spores sont en surface alors que les Penicillium à petites spores sont bien représentés en profondeur. Pourtant, l'entraînement des spores en profondeur doit être un fait certain. Le fait que la perturbation conséquente n'est pas décelable peut s'expliquer par deux hypothèses :

a) Cet entraînement se réaliserait lentement dans le dédale des particules du sol, avec des flux et des reflux suivant le sens de la circulation de l'eau dans le sol ; les germes entraînés après un long voyage perdent leur pouvoir germinatif (sauf dans le cas des organes de conservation) et ne peuvent ainsi être décelés au cours des isolements ultérieurs.

b) La sporulation des champignons dans le sol ne serait pas aussi intense qu'on l'observe *in vitro* sur un milieu nutritif artificiel.

Les colonies isolées dans les boîtes d'ensemencement proviendraient de spores de dissémination ou de conservation et surtout de fragments mycéliens. Cette hypothèse expliquerait parfaitement la fluctuation de la fréquence des espèces de la microflore avec les différents facteurs (fumure, profondeur, assolement, facteurs climatiques) qui agissent directement sur le développement végétatif d'un mycélium dont la longévité est limitée, puisque le thalle immense qu'il représente n'est vivant, donc générateur de colonies pour nos prélèvements, que par ses extrémités.

Si l'on n'admet pas cette hypothèse, il faut alors admettre que les spores de dissémination perdent leur pouvoir germinatif, ou bien qu'ayant germé de façon massive le mycélium résultant ne trouvant pas les conditions favorables dépérit et meurt avant d'avoir pu sporuler suffisamment pour reconstituer le stock de spores de dissémination. Sinon, comment expliquer que près de 50 000 colonies par gramme de terre (provenant d'un nombre au moins égal de spores) de *Penicillium lilacinum* décelées en juin se trouvent réduites à 17 000 environ 3 mois après.

Ainsi il faut faire la part des différentes hypothèses avancées, pour expliquer le comportement des espèces de la microflore, à l'égard des différents facteurs :

— Facteurs liés à la nutrition de la microflore ; fumure organique fumure minérale — débris végétaux pourrissants etc ;
— facteur profondeur ;
— facteur assolement ;
— facteurs climatiques : température — humidité — aération ;
— facteurs biologiques : concurrence vitale de toutes les espèces de la microflore (bactéries, actinomycètes, champignons) sous l'action des facteurs précédents.

D. — Conclusions sur l'influence de tous les facteurs.

En conclusion, nous pouvons affirmer que par des prélèvements de sol échelonnés, dans le temps, suivant la profondeur, suivant la nature des parcelles, suivant l'assolement, les variations de comportement de la microflore sont enregistrées avec une grande sensibilité grâce à la méthode statique d'étude des champignons du sol, telle que nous l'employons. Cette technique est donc parfaitement valable et donne des renseignements utiles, pourvu que les interprétations soient faites à partir de prélèvements, d'ensemencement et de comptages rigoureux, suffisamment répétés pour que leur signification soit statistique.

Il est impossible d'expliquer le comportement de la microflore par l'étude séparée des différents facteurs. Ces derniers agissent ensemble en s'additionnant mathématiquement ; dans le chapitre suivant intitulé « Corrélations entre les différents facteurs » nous étudierons l'action combinée des facteurs détaillés précédemment.

VIII. — ÉTUDE DES CORRÉLATIONS ENTRE LES QUATRE FACTEURS

A. — Au mois de juin.

CORRÉLATION ENTRE LA FUMURE ET LA PROFONDEUR. — Si l'on compare le comportement des espèces sensibles à la fumure (indifférentes, favorisées ou défavorisées) aux 4 profondeurs 5, 10, 20 et 40 cm, suivant que la parcelle reçoit une fumure ou non, on peut mettre en évidence les 4 faits principaux suivants (voir tableau XV) :

1° Toutes les espèces quelle que soit leur sensibilité à l'égard de la fumure sont mieux représentées à 40 cm de profondeur lorsque la parcelle a reçu une fumure organique ou minérale. Ainsi on constate :

à 40 cm de profondeur	Parcelles fumées	Parc. sans engrais
Espèces indifférentes :	13 % pour 6 espèces	contre 9 % pour 4 espèces
Espèces favorisées :	1 % pour 4 espèces	contre 0 % pour aucune esp.
Espèces défavorisées :	17 % pour 4 espèces	contre 7 % pour 1 espèce

Alors que déjà à 20 cm de profondeur ces trois types d'espèces se répartissent suivant des pourcentages comparables entre eux dans les parcelles fumées ou non.

Ainsi, dans les parcelles sans engrais, les espèces exigeantes sont absentes (à 40 cm) d'un horizon qui ne leur offre pas le minimum nutritif indispensable. Sans faire intervenir ce dernier facteur, on aurait pu en déduire que l'on avait affaire à des espèces de surface. Or si à 40 cm ce minimum alimentaire leur est fourni, elles sont présentes. La même re-

marque est valable pour les espèces défavorisées ou indifférentes mais, leurs exigences alimentaires étant moindres, elles sont susceptibles de présenter un développement effectif bien que réduit dans les horizons pauvres tel que l'horizon 40 cm des parcelles sans engrais. On peut donc conclure qu'à 40 cm de profondeur toutes les espèces sont sensibles à la fumure.

2° Toutes les espèces quel que soit leur comportement vis-à-vis de la fumure trouvent leur optimum de fréquence (du nombre de colonies et du nombre d'espèces) à 5 et 10 cm de profondeur.

Or, si les espèces « défavorisées » par la fumure devaient mériter cette appellation, on devrait trouver pour elles un optimum situé à des horizons plus inférieurs.

3° On note par ailleurs que la majorité des espèces favorisées est représentée par des Mucédinées (*Gliocladium, Cephalosporium, Trichoderma, Penicillium*), et très peu de Dématiées (*Stachybotrys*) qui toutes sont des espèces connues par leur pouvoir antibiotique, pouvoir antibiotique déjà mis en évidence par nous-mêmes dans une note présentée au VIII[e] Congrès International de Botanique, alors que les Dématiées représentent une forte proportion des espèces, défavorisées ou indifférentes.

4° Enfin, parmi les espèces indifférentes une majorité possède un optimum de développement (souligné par leur fréquence de présence ou leur fréquence du nombre des colonies) situé à 20 ou 40 cm de profondeur, que les parcelles soient fumées ou non. Nous citerons : *Cephalosporium sp. vert, MO 46, Cephalosporium sp. à sclérotes, Coemansia pectinata, Cylindrocarpon sp. TU 12, Fusarium solani, Gliomastix convoluta, Gloeosporium sp., Penicillium asperum.* D'autre part, les espèces indifférentes autres que celles citées ci-dessus, se répartissent de façon égale à 5, 10 et 20 cm de profondeur dans les parcelles sans engrais, alors que dans les parcelles fumées leur optimum se situe nettement à 10 cm. Donc, les espèces indifférentes le sont réellement dans les horizons moyennement pauvres des parcelles sans engrais où elles se répartissent uniformément tandis qu'elles ne sont plus aussi strictement indifférentes dans les parcelles fumées où elles se répartissent différemment au profit des 2 horizons supérieurs plus riches, présentant ainsi une certaine sensibilité à la fumure.

De l'ensemble des faits énoncés ci-dessus nous pourrons tirer les conclusions suivantes :

a) Il y a vraiment des espèces favorisées par la fumure, toutes les autres étant au plus indifférentes. En l'absence des premières, les secondes pourraient bénéficier peut-être des facteurs nutritifs apportés par la fumure.

Mais, la concurrence vitale exacerbée par la prolifération d'espèces

hautement antibiotiques telles que les Mucédinées, tourne au désavantage des espèces moins antibiotiques telles que les Dématiées, qui ne trouvent alors un optimum de développement et même dans certains cas un refuge unique (en particulier *Curvularia sp.*, *Papularia sphaerosperma*, *Periconia sp.*, *Rhinotrichum sp.*) que dans les parcelles sans engrais.

b) Dans les conditions physico-chimiques des parcelles étudiées, la majorité des espèces est susceptible de vivre à une profondeur telle, que les conditions de vie ne soient pas exclusivement anaérobies, pourvu que le minimum nutritif lui soit assuré. En effet, s'il est vrai qu'il existe des espèces nettement indifférentes à la fumure et caractéristiques des horizons profonds telles que :

Cephalosporium sp. vert MO 46, *Coemansia pectinata*, *Gymnoascus sp.* AS 60, pour lesquelles le facteur anaérobie est primordial pour leur développement, par contre, un certain nombre d'espèces telles que : *Cylindrocarpon sp. TU 12*, *Cephalosporium sp. à sclérotes*, *Fusarium solani*, *Gliomastix convuluta*, *Gloeosporium sp.*, *Penicillium asperum*, *Stysanus sp.*, montrent également une tendance à préférer les horizons profonds. Cependant elles ne sont pas sans lien avec le facteur nutritif puisqu'elles sont susceptibles d'un développement dans les horizons supérieurs, développement réduit peut-être parce qu'il n'a pu s'exprimer pleinement à des niveaux où la concurrence vitale leur est défavorable.

B. — **Au mois de septembre.**

CORRÉLATIONS ENTRE LA FUMURE, LA PROFONDEUR, L'ASSOLEMENT ET LES FACTEURS CLIMATIQUES par rapport aux résultats obtenus sur la parcelle « betterave, juin ».

1° Il y a une réduction du nombre des colonies allant de 53 p. 100 sur la sole à betteraves à 34 p. 100 sur la sole à blé.

2° Cette réduction s'est faite aux différentes profondeurs de manière inégale suivant qu'il s'agit des soles à blé ou de celles à betteraves.

La réduction est plus forte dans les horizons supérieurs (5-10 cm) que dans les horizons inférieurs (20-40 cm) pour les parcelles à blé alors que la réduction se fait de façon inverse pour les parcelles à betteraves.

Le blé et la betterave, par leur culture, sont donc responsables de cette évolution de la répartition suivant la profondeur pendant la saison sèche puisque les facteurs climatiques ont été les mêmes pour toutes les parcelles ; à savoir :

— Température des couches supérieures du sol trop élevée, favorisant le développement des bactéries (optimum 34-40°) ;

— périodes de sécheresse entrecoupées d'orages dont les précipitations sont vite entraînées ou évaporées aboutissant à un damage de couches superficielles exagérant ainsi l'évaporation.

Les facteurs liés à la culture en place modifient l'action des facteurs climatiques mais de façon différente suivant le type de culture. Dans le cas du blé comme dans celui de la betterave, la récolte a exporté une grande quantité d'eau, principalement dans les parcelles à betteraves, ce qui expliquerait la plus grande diminution du nombre total de colonies dans ces dernières parcelles. Mais l'eau exportée semblerait provenir des couches profondes (20 à 40 cm) par rapport à nos prélèvements, dans le cas de la betterave qui, d'ailleurs, par son feuillage protège en partie l'évaporation des couches superficielles du sol. L'évaporation se fait alors principalement par le feuillage de la plante qui se réalimente en eau par son système racinaire, en place depuis 4 mois, aux dépens des horizons situés à partir de 20 et 40 cm.

Dans le cas des soles à blé, l'exportation d'eau a commencé avant l'été à partir de couches très profondes, vraisemblablement, grâce à un puissant système racinaire développé depuis 9 mois. Ce n'est donc pas directement que la culture agit ici, mais après la moisson, alors que le chaume en place laisse la surface du sol à découvert (les adventices « post-messicoles » ne se développent qu'après un certain délai). L'évaporation superficielle est très importante pendant les fortes chaleurs du mois d'août. Ceci expliquerait la réduction du nombre des espèces (par rapport aux chiffres obtenus en juin) plus grande dans les couches supérieures que dans les couches profondes.

3° Ces corrélations étant mises en évidence, les modifications du comportement des espèces indifférentes, favorisées et défavorisées par la fumure (par rapport aux parcelles Betteraves-juin) sont donc justifiées par leur accord avec ces corrélations (voir tableaux XVI et XVII).

Ces modifications sont traduites dans le tableau XX par des flèches indiquant une diminution du pourcentage du nombre de colonies dans les couches superficielles en lisant les résultats de haut en bas, et de bas en haut dans les couches profondes. Malgré ces modifications, les quatre points soulignés dans le paragraphe précédent se sont nettement confirmés. Seules les espèces défavorisées ne suivent pas la ligne générale dans leur comportement en septembre, mais elles sont alors trop réduites en nombre d'espèces et de colonies pour que les chiffres soient réellement utilisables. Cependant, en gros, elles conservent leur caractère essentiel : c'est à 40 cm qu'elles sont le mieux représentées (17 p. 100) dans les parcelles fumées.

Si l'on fait, pour chacune des 4 profondeurs étudiées, la moyenne générale des pourcentages de présence des 3 groupes d'espèces dans les parcelles fumées d'une part, dans les parcelles sans engrais d'autre part, on constate : toutes les espèces, quelle que soit leur réaction vis-à-vis de la fumure sont mieux représentées relativement à 5-10 cm dans les parcelles sans engrais que dans les parcelles fumées ; inversement elles

sont moins bien représentées à 20 et 40 cm. Ceci confirme ainsi les corrélations entre la profondeur et la fumure déjà mise en évidence dans le paragraphe précédent.

C. — Conclusions.

Ainsi, le classement des espèces vis-à-vis de la profondeur doit se faire avec discernement. La nature physique du sol, agissant par une perméabilité et de là par un entraînement des spores de dissémination variables, par une modification de l'atmosphère interne du sol, n'est pas le seul facteur régissant la répartition des champignons du sol suivant la profondeur ; la nature chimique par la teneur en éléments minéraux et substances organiques, la répartition de ces aliments suivant la profondeur est un autre facteur essentiel susceptible de modifier les données premières.

On pourra dire qu'une espèce est spécifique de la profondeur lorsque *in vitro* on aura pu vérifier ses possibilités de vie anaérobie.

Enfin, dans l'étude de la microflore des sols cultivés, l'étiquette « champignons du sol » pourra être attribuée :

— Avec certitude aux espèces vivant uniquement en profondeur (40 cm) ;

— parmi les autres espèces, de préférence à celles susceptibles d'un développement appréciable en profondeur.

Quant aux espèces vivant uniquement en surface, il faudra faire la part de celles qui montrent une dépendance assez stricte vis-à-vis de la fumure en général, de la végétation en place (plantes cultivées ou adventices), des débris de cette végétation livrés au cycle de la dégradation. Parmi ces dernières espèces il faudra détacher même les espèces transitoires disparaissant avec les éléments qui les entretiennent (fumier — débris végétaux variés) ou ne faisant qu'achever un cycle de développement initialement aérien (formes de conservation des espèces parasites des organes aériens des végétaux). La connaissance de ces espèces apparemment sans intérêt parce que étrangères au milieu « sol » n'est cependant pas à négliger dans l'interprétation générale du comportement de la microflore par les modifications momentanées qu'elles apportent à l'équilibre biologique.

IX. — RÉSUMÉ

Le champ d'expérience de la Station Agronomique de l'École Nationale d'Agriculture de Grignon a été mis en place par Déherain en 1875. Il comporte, depuis 1931, 136 demi-parcelles d'un demi-are. L'assolement est biennal, chaque demi-parcelle portant alternativement

Tableau XX. — Corrélations entre la fumure, la profondeur, l'assolement et les facteurs climatiques

	Colonies-espèce	Pourcentage de colonies sur l'ensemble des parcelles : Fumier et NPK à						Colonies-espèces	Pourcentage de colonies sur l'ensemble des parcelles : S. E. depuis 1902 et 1875 à					
		5 cm	10 cm	5 + 10 cm	20 cm	40 cm	20 + 40 cm		5 cm	10 cm	5 + 10 cm	20 cm	40 cm	20 + 40 cm
ESPÈCES INDIFFÉRENTES														
Betterave sept.	colonie : 56	29 %	46 %	*75 %*	20 %	5 %	*25 %*	colonie : 59	39 %	46 %	*85 %*	10 %	5 %	*15 %*
	espèce : 5	3	4		4	1		espèce : 5	4	4		3	1	
Betterave juin..	colonie : 221	28 %	36 %	*64 %*	23 %	13 %	*36 %*	colonie : 221	31 %	31 %	*62 %*	29 %	9 %	*38 %*
	espèce : 8	6	7		7	6		espèce : 8	7	7		7	4	
Blé septembre..	colonie : 103	23 %	28 %	*51 %*	36 %	13 %	*49 %*	colonie : 99	24 %	34 %	*58 %*	27 %	15 %	*42 %*
	espèce : 7	5	5		6	3		espèce : 7	5	5		5	4	
	moyenne :	*26 %*	*37 %*	**63 %**	*26 %*	*11 %*	**37 %**		*31 %*	*37 %*	**68 %**	*22 %*	*10 %*	**32 %**
ESPÈCES FAVORISÉES														
Betterave sept.	colonie : 363	45 %	42 %	*87 %*	12 %	1 %	*13 %*	colonie : 111	40 %	44 %	*88 %*	16 %	0 %	*16 %*
	espèce : 11	10	11		10	2		espèce : 8/11	8	7		7	0	
Betterave juin..	colonie : 486	38 %	38 %	*76 %*	23 %	1 %	*24 %*	colonie : 174	39 %	41 %	*80 %*	20 %	0 %	*20 %*
	espèce : 8	8	8		7	4		espèce : 7/8	7	6		7	0	
Blé septembrer	colonie : 409	32 %	36 %	*68 %*	28 %	4 %	*32 %*	colonie : 171	32 %	42 %	*74 %*	25 %	1 %	*26 %*
	espèce : 9	9	9		9	5		espèce : 8/9	7	8		8	2	
	moyenne :	*38 %*	*39 %*	**77 %**	*21 %*	*2 %*	**23 %**		*37 %*	*42 %*	**79 %**	*21 %*	*< 1 %*	**21 %**
ESPÈCES DÉFAVORISÉES														
Betterave sept.	colonie : 12	8 %	58 %	*66 %*	17 %	17 %	*34 %*	colonie : 37	35 %	35 %	*70 %*	14 %	17 %	*30 %*
	espèce : 3	1	2		1	2		espèce : 3	2	3		3	2	
Betterave juin..	colonie : 52	31 %	35 %	*66 %*	17 %	17 %	*34 %*	colonie : 113	27 %	46 %	*73 %*	20 %	7 %	*27 %*
	espèce : 6	5	6		5	4		espèce : 6	6	6		6	1	
Blé septembre..	colonie : 23	39 %	22 %	*61 %*	22 %	17 %	*39 %*	colonie : 98	33 %	34 %	*67 %*	25 %	8 %	*33 %*
	espèce : 4	3	3		2	2		espèce : 4	4	4		3	2	
	moyenne :	*26 %*	*38 %*	**64 %**	*19 %*	*17*	**36 %**		*32 %*	*38 %*	**70 %**	*20 %*	*10 %*	**30 %**

Pourcentage moyen des 3 types d'espèces pour l'ensemble des parcelles fumées et sans engrais

	5 cm	10 cm	20 cm	40 cm
Espèces indifférentes	29 %	37 %	24 %	10 %
Espèces favorisées	37 %	41 %	21 %	1 %
Espèces défavorisées	29 %	38 %	20 %	13 %

une *betterave* ou un *blé*. La fumure comporte plusieurs modalités, mais nos recherches n'ont porté que sur quatre d'entre elles : *sans engrais depuis 1875, sans engrais depuis 1902, fumier, NPK*.

Afin d'apprécier l'évolution de la microflore fongique, nous avons analysé les divers prélèvements, en tenant compte de l'*assolement*, de la *fumure*, de l'*époque de l'année* (conditions climatiques), et de la *profondeur*.

La microflore fongique des sols à limons argilo-calcaires a d'abord été prospectée pendant près de 2 ans avant que ne soit entreprise l'étude des parcelles. Un essai préliminaire, effectué le 7 mars sur ces dernières, montra d'une façon générale la concordance avec la microflore étudiée antérieurement.

Les 4 prélèvements interprétés dans cette note furent effectués le *9 juin* (sur culture de betteraves), le *6 septembre* (sur chaumes de blé), le *30 septembre* (sur parcelles à betteraves après arrachage) et le *16 novembre* (sur chaumes de blé avant le labour). Chaque prélèvement comporta 5 profondeurs : *5 — 10 — 20 — 40* et *80* cm. Un échantillon moyen fut réalisé pour chaque niveau (50 g environ). L'isolement s'effectua par la *méthode des dilutions*, la concentration retenue étant de *1/1 000*, et les milieux utilisés étant le *Malt* et le *Czapeck*.

Au cours de ce travail, près de 8 000 colonies ont été examinées et ont permis d'isoler 156 espèces qui se répartissent de la façon suivante (pour 100 exprimé en nombre de colonies) :

Phycomycètes : 8 p. 100 pour 10 espèces — Ascomycètes : $<$ 1 p. 100 pour 16 esp.

— Fungi imperfecti : 91 p. 100 pour 130 esp. se répartissant ainsi : Mucédinées (autres que Penicillium et Aspergillus) : 26 p. 100 pour 33 esp.

— Penicillium : 33 p. 100 pour 30 esp. — Aspergillus : 1 p. 100 pour 7 esp. — Dématiées : 10 p. 100 pour 16 esp. — Stilbacées : 2 p. 100 pour 5 esp. — Tubercularіacées (autres que Fusarium et Cylindrocarpon) : 2 p. 100 pour 9 esp. — Fusarium et Cylindrocarpon : 4 p. 100 pour 12 (8 + 4) esp. — Mélanconiées : 3 p. 100 pour 4 esp. — Sphaeropsidées : 10 p. 100 pour 5 esp. — Mycélium stériles : $<$ 1 p. 100 pour 9 esp.

Suivant le nombre d'horizons représentés (sur les 51 étudiés) ou le nombre de colonies isolées, les espèces les plus caractéristiques peuvent se classer d'après leur fréquence de présence ou leur fréquence du nombre de colonies. Ce classement ne reflète pas l'activité réelle de ces espèces dans le sol. D'*autres facteurs propres* à la microflore interviennent (développement végétatif, sporulation, formes de conservation, degré d'antibiotisme, etc.). Ces facteurs devront être étudiés ultérieurement *in vitro* sur milieu sol lui-même.

Les facteurs extrinsèques susceptibles de modifier la fréquence des espèces (profondeur, fumure, etc.), ne seront envisagés que pour les espèces fondamentales, fréquentes, représentant environ 30 p. 100 du

nombre total des espèces isolées et 85 p. 100 du nombre total de colonies isolées.

Selon la profondeur les espèces fongiques peuvent se classer en 2 grands groupes :

1° Celles dont l'optimum se situe entre la surface et 20 cm et dont la fréquence est très faible ou nulle au-dessous de cet horizon.

2° Celles dont la fréquence plus ou moins forte jusqu'à 20 cm est encore importante ou s'accentue au-delà de 20 cm.

Le fumier apporte de nombreux champignons qui se maintiennent dans le sol ou disparaissent plus ou moins rapidement. Certaines espèces sont favorisées par le fumier notamment les Phycomycètes, les Ascomycètes et beaucoup de Mucédinées.

Une *fumure minérale* complète donne les mêmes tendances, cependant moins accentuées. Les *Penicillium* en général et surtout *P. lilacinum* et *P. canescens* sont nettement favorisés par NPK. Il existe donc des espèces favorisées et des espèces indifférentes à la fumure. L'observation d'espèces défavorisées est moins nette.

L'alternance régulière biennale *blé-betterave* est trop rapide et n'a pas permis de sélectionner les espèces favorisées par chacune des cultures.

Il semble qu'à une *température* supérieure à 25°, les bactéries et les champignons à développement rapide restreignent le développement des autres espèces.

La somme des *facteurs climatiques* entre juin et septembre a produit une réduction de la fréquence allant de 34 à 53 p. 100 selon la sole. La réduction a été plus forte dans les horizons supérieurs pour la sole blé et dans les horizons inférieurs pour la sole betterave. Au mois de novembre, par contre l'augmentation de la fréquence se chiffre à 31 p. 100.

Pour les horizons entre 5 et 20 cm la fumure (minérale ou organique) n'a pas modifié sensiblement ni le nombre d'espèces ni leur fréquence, par rapport aux parcelles sans engrais. Par contre cette action de la fumure est nettement accentuée pour l'horizon 40 cm et au-delà.

La plupart des espèces fréquentes dans les horizons supérieurs peuvent s'installer dans les horizons profonds lorsqu'elles trouvent une nourriture convenable ; on peut en déduire que les véritables espèces de profondeur sont uniquement celles dont le facteur limitant est le caractère « anaérobie ».

Pour conclure nous pouvons également dire que de telles analyses quoique présentant un caractère essentiellement statique donnent cependant une bonne signification dynamique. C'est l'étude simultanée de divers facteurs (profondeur, fumure, etc...) liée aux recherches physiologiques sur les principales espèces in vitro qui permet cette interprétation.

DOCUMENTATION

ENDOSYMBIOSE DER TIERE MIT PFLANZLICHEN MIKROORGANISMEN

(Endosymbiose des animaux avec microorganismes végétaux).

PAR

P. BUCHNER

Buchner, l'un des plus renommés spécialistes des symbioses microbiennes, donne une mise au point très complète de l'état actuel des connaissances de cette discipline. Ce travail est la suite et l'élargissement de ses deux ouvrages antérieurs qui marquaient des étapes en 1912 et 1930 de l'étude des symbioses. Dans une partie importante consacrée à l'évolution chronologique des connaissances sur les endosymbiotes, il détaille particulièrement les controverses au sujet de la première existence d'une cellule végétale dans un organisme animal et souligne la priorité de Entz (1876) généralement oubliée. Dans un chapitre à part, sur les erreurs dans la recherche des symbioses, sont réunis de nombreux exemples d'hypothèses à la création desquelles le domaine des symbioses est particulièrement propice.

Les descriptions systématiques de cas particuliers des symbioses sont groupés d'après la biologie alimentaire des hôtes et sont suivies d'une partie générale traitant comparativement la localisation histologique si variée de divers symbiotes.

Cependant, la partie dont même les non spécialistes du domaine des symbiotes peuvent tirer des renseignements et idées intéressants pour les biologistes, est celle concernant les rapports mutuels entre les symbiotes et les hôtes ; ici, la transmission héréditaire des symbiotes, les réactions humorales et cellulaires de l'hôte, la limitation numérique du développement des symbiotes par l'hôte, la transformation morphologique des bactéries symbiotiques, sont traitées avec critiques et l'auteur essaie d'arriver, en passant par l'étude du métabolisme symbiotique, à tracer le mécanisme de l'adaptation mutuelle symbiotique aussi bien sous son aspect physiologique que phylo-génétique.

Environ 1 000 références bibliograhiques.

C. Vago.

(1) Éditions Birkhauser. Bâle, 1953, 672 pages, avec 336 fig., 5 tabl.

Le Directeur-Gérant : B. Laclavière.

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 17-9-1956.

Dépôt légal : 3e trimestre 1956 *N° d'impression : 206*

QUELQUES ASPECTS DE LA LUTTE MICROBIOLOGIQUE CONTRE LES INSECTES RAVAGEURS DES CULTURES

PAR

P. GRISON

Laboratoire de Biocœnotique et de Lutte biologique, La Minière (Seine-et-Oise).

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Introduction.

II. — Les conditions du choix.
1° Caractérisation.
2° Épreuves d'efficacité.
3° Étiologie et symptômes.

III. — Les conditions de l'application.
1° Formes de distribution.
2° Conditions écologiques de l'application.

IV. — L'interprétation du résultat et les limites d'utilisation de la lutte microbiologique.
1° Processus infectieux.
2° Entités morbides.
3° Niveau de population du ravageur.

I. — INTRODUCTION

Il ne paraît pas utile de retracer en détail l'historique de l'utilisation des microorganismes pathogènes des insectes dans la lutte contre les ravageurs des plantes cultivées ; au reste, l'excellent ouvrage de E.A. STEINHAUS (1949), auquel nous nous référerons fréquemment, ainsi que le traité de A. S. BALACHOWSKY (1951), dans un plus bref raccourci, en relatent les étapes. Celles-ci sont marquées par des périodes de déception et de tâtonnement, mais aussi par des réussites tout à fait remarquables comme celle de l'utilisation, sur une large échelle aux U. S. A., de *Bacillus popilliae* DUTKY contre le Hanneton japonais, réussites qui ouvrent maintenant une perspective nouvelle pour la lutte biologique. D'ailleurs, ainsi que le fait remarquer, dès la première page de son traité, PAILLOT (1933), dont la prudence a toujours été la règle, si les espérances évoquées

par PASTEUR lui-même en 1874 ont été déçues, c'est « qu'on a voulu se servir prématurément d'une arme que l'on ne connaissait pas ». Indépendamment des conditions écologiques et des techniques de diffusion ou de dispersion qui sont requises par toutes les méthodes de lutte biologique, l'emploi des microorganismes, comme celui des insectes entomophages, exige un choix très judicieux du « parasite » après de patientes investigations écologiques et pathologiques ; mieux encore, le choix doit porter sur le complexe « parasite-hôte » représentant le potentiel le plus élevé de « facteurs primaires d'épizootie » (in STEINHAUS, p. 179) qui caractérise la spécificité même de toute méthode de lutte biologique.

Ainsi, dans ce domaine d'études et d'applications qui implique le recours à des disciplines scientifiques variées, l'un des rôles de l'entomologiste consiste à proposer le ou les hôtes dont la « susceptibilité » au germe infectieux lui paraît être la plus grande grâce à sa connaissance du comportement de ces insectes dans la nature ou en élevage. C'est à ce titre que nous fûmes personnellement consulté lorsque l'Institut Pasteur de Paris envisagea en 1949 de reconsidérer le problème de l'utilisation des bactéries entomophages (C. TOUMANOFF et P. GRISON, 1954).

Certes, des résultats très satisfaisants avaient été obtenus avant 1930 par METALNIKOV et ses collaborateurs, notamment contre *Pyrausta nubilalis* (1929, *a* et *b*) et *Lymantria dispar* L. (1930). On peut s'étonner que de tels travaux soient repris après une éclipse de trente années simultanément en France et aux U. S. A. L'une des principales causes de reprise est, selon nous, la nature du choix du complexe « parasite-hôte » que nous citions au début de ces lignes : STEINHAUS n'a-t-il pas testé la virulence de 9 souches de *B. cereus* et de 37 autres souches de bacilles sporogènes sur cinq espèces de Lépidoptères, avant de proposer une méthode de lutte contre l'espèce la plus susceptible, *Colias philodice eurytheme* BOISDUVAL, par l'emploi de la souche « Mattes » de *Bacillus thuringiensis* BERLINER ?

En ce qui nous concerne, nous avons d'abord reconnu, contre divers Lépidoptères, une efficacité insuffisante en plein air de plusieurs souches (TOUMANOFF et GRISON, 1954) décrites par C. TOUMANOFF (1953). Nous devons à C. VAGO l'isolement d'une souche dite « Anduze » très virulente pour le Ver à soie *Bombyx mori* L., et pour quelques espèces de Lépidoptères parmi lesquelles nous citerons la Chenille Processionnaire du Pin et surtout la Piéride du Chou que nous avons retenue pour la plupart de nos travaux (P. GRISON et M^me^ S. BEGUIN, 1954).

Les essais couronnés ou non de succès que nous avons effectués à Versailles depuis plusieurs années, nous ont justement permis de juger de l'importance des données fournies par le bactériologiste et par le pathologiste, et aussi des facteurs et conditions que l'entomologiste doit prendre en considération. Ils ont abouti à la mise au point d'une

technique de lutte microbiologique contre la Piéride du Chou qui paraît être d'une très grande efficacité et qui est commentée dans un autre mémoire, (LEMOIGNE et al., 1956).

Les progrès de la biologie appliquée sont nécessairement conditionnés par ceux des moyens d'investigation qui sont mis à notre disposition et il n'est pas étonnant qu'ils subissent un renouvellement à chaque décade. Ils sont conditionnés aussi très largement par les recherches dites « de base » ou « fondamentales » dans un ensemble de disciplines scientifiques adjacentes ou connexes. Et si nous considérons, non le germe en lui-même, mais « l'entité morbide » selon la conception de PAILLOT (1941), nous devons souligner avec STEINHAUS (1949 p. 673) « qu'il serait illogique de croire que chaque maladie « bactérienne d'un Insecte peut avoir une application sur une large échelle en plein champ ». N'en est-il pas de même pour l'utilisation des insectes entomophages ?

II. — LES CONDITIONS DU CHOIX

1° Caractérisation.

Lorsqu'un germe pathogène est isolé d'un organisme il est évident que le bactériologiste et le pathologiste, chacun en ce qui le concerne, s'efforcent d'une part de dresser la nomenclature de ses caractères morphologiques et biochimiques, et d'autre part de déterminer son pouvoir pathogène d'une manière expérimentale pour satisfaire aux « postulats de Koch ».

Après l'isolement d'une souche dite « Anduze », par le laboratoire de pathologie de la Station de recherches séricicoles d'Alès, il fut procédé à cette double série de recherches. M^lle^ DELAPORTE et M^me^ BEGUIN (1955) firent une description approfondie du germe que leur avait transmis C. VAGO et le classèrent dans l'espèce *Bacillus thuringiensis* BERLINER, en accord avec E. A. STEINHAUS et A. JARREL (1954).

Il ne nous appartient pas de nous prononcer sur des questions de nomenclature microbiologique, mais il ne nous est pas indifférent de recueillir des précisions sur certains des caractères du germe qu'on nous propose d'utiliser, et spécialement sur ceux qui confèrent au microorganisme des propriétés pathogènes. Il en est ainsi des inclusions cristallines observées déjà par BERLINER en 1915 mais dont l'étude fut entreprise récemment par HANNAY (1953) et par ANGUS (1954).

De son côté C. VAGO entreprit l'étude systématique de sa pathogénécité qui révéla un degré de virulence très élevé. C. TOUMANOFF et C. VAGO donnèrent dans une série de notes (1951, 1952, 1953) des indications très précieuses sur la pathogénèse de la souche dite *B. cereus* var.

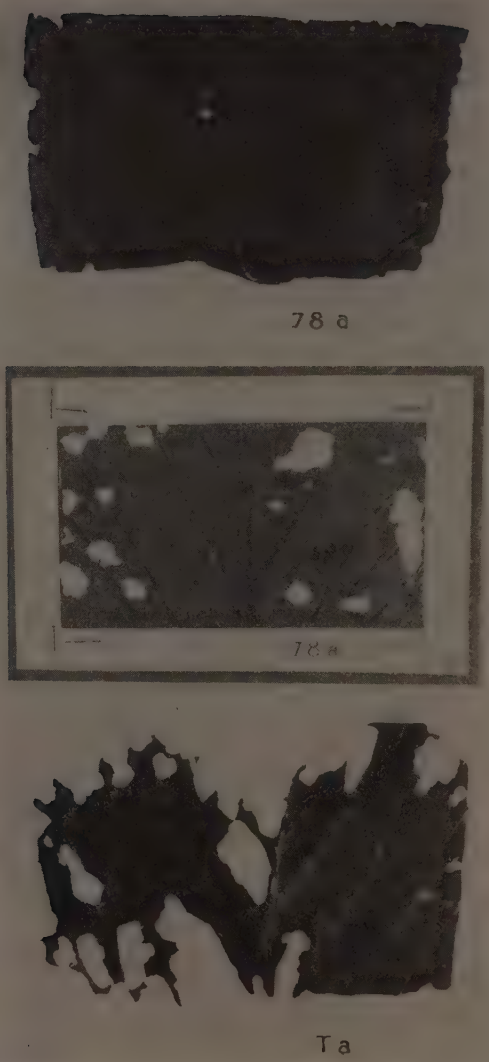


FIG. 1. — Consommation par des lots de chenilles de *Pieris brassicae* L. du 3e stade de : *en haut*, une feuille de chou traitée normalement avec une suspension de spores de *B. thuringiensis*, souche Anduze, stock 78 ; — *au milieu*, une feuille dont la face traitée avec la même suspension est retournée pour ne pas être en contact avec les chenilles ; — *en bas*, une feuille témoin.

alesti, et C. VAGO étudia la pathogénèse de la souche « Anduze » vis-à-vis de la Piéride du chou (sous presse).

Parmi ces résultats, notre attention doit être attirée en premier lieu sur la spécificité d'action du germe ou sur la nature des réactions pathogéniques qui lui sont propres et permettent, entre autres critères, de caractériser une « souche ».

Il est évident que plus le nombre des souches mises à la disposition des entomologistes sera grand, plus le choix de l'agent pathogène à utiliser dans la lutte biologique sera varié et sûr.

2° Épreuves d'efficacité.

Ainsi qu'il le fait dans certains domaines de la toxicologie, l'entomologiste doit tenir le plus grand compte de la nature des réactions de l'organisme de l'Insecte au germe infectieux et cette analogie de conception nous a amené à transposer certaines méthodes d'étude des insecticides d'ingestion (CAMPBELL 1930) à l'examen de l'efficacité des préparations bactériennes, puisque la pénétration normale du germe pathogène a lieu par voie orale.

Par exemple, on peut recourir à l'ingestion forcée, avec la microseringue, d'une quantité exactement déterminée de substance toxique pour chaque individu (CAMPBELL 1926). La microinjection peut d'ailleurs être utilisée pour étudier certains effets importants de l'intoxication comme la modification des pulsations cardiaques ; elle a toujours été pratiquée pour déterminer rigoureusement les « doses léthales médianes ».

On peut encore faire appel à d'autres techniques classiques telle que la méthode du « sandwich » de CAMPBELL et FILMER (1929) qui permet à la fois de juger d'un effet répulsif d'une préparation et de contraindre les chenilles à ingérer une dose de suspension plus forte qu'elles ne l'auraient fait normalement.

Dans une expérience, la face foliaire traitée est retournée sur une carte bristol sur laquelle elle est fixée par un encadrement cartonné (fig. 1) selon une technique qui s'apparente à celle de HANSBERRY et RICHARDSON (1936) ; les chenilles consomment six à sept fois plus que celles auxquelles on offre une feuille traitée et présentée normalement, mais cependant trois fois moins que dans le lot témoin non traité.

Mais nous estimons que la méthode décrite la première fois semble-t-il par CAMPBELL en 1926, puis reprise en France au Laboratoire de Phytopharmacie de l'I. N. R. A. par RAUCOURT (1941) pour comparer le pouvoir insecticide en fonction des doses de substances ingérées par une population de larves, est assez précise quand on retient quelques garanties biométriques.

Au reste, « l'intérêt d'un test biologique » de cette nature, dans lequel

les insectes sont mis en présence de la substance toxique dans des conditions « normales » réside essentiellement dans une possibilité de transposition de l'épreuve de laboratoire à l'épreuve pratique en plein air (TATTERSFIELD 1939).

Ce point de vue reçoit sa justification ici dans l'utilisation de *B. thuringiensis* qui a pour effet quasi-immédiat de faire perdre l'appétit aux chenilles. Dans la méthode de la présentation d'aliment traité il est donc tenu compte à la fois de la quantité de substance toxique ingérée et de la modification du comportement alimentaire. Par contre, on ne peut discriminer l'effet de contact de l'effet d'ingestion lorsque le produit a une action polyvalente.

Il est évident que, pour obtenir un certain degré de précision, il faut évaluer la quantité de spores déposée à l'unité de surface foliaire comme dans le cas des poisons chimiques. On estime le dépôt de substance. Nous l'avons déterminée par une méthode bactériologique : mise en suspension dans l'eau stérile d'une feuille de surface connue après traitement et réensemencement sur gélose nutritive en boîte de Pétri de la suspension à des dilutions variées. Toutefois, cette méthode donne des chiffres probablement trop faibles en raison de l'aggrégation des spores entre elles, même après agitation énergique de la suspension. Cependant, comme dans nos contrôles nous avons toujours obtenu une proportionnalité satisfaisante entre la concentration de la suspension et la surface traitée, nous la conservons provisoirement en accordant aux chiffres obtenus la valeur relative qu'ils possèdent entre eux sans vouloir les comparer à ceux qui seraient donnés par une autre technique de contrôle (la pesée par exemple).

Par ailleurs nous avons amélioré la technique de distribution (BURGERJON *ces annales*) mais, dans tous les cas, nous avons cherché à obtenir une répartition aussi homogène que possible de la suspension de germes sur le support végétal approprié.

L'épreuve élémentaire dans laquelle sont notées les mortalités à intervalles de temps réguliers, nous permet de comparer rapidement l'efficacité de nouvelles préparations par rapport à une préparation « étalon » ou bien encore l'efficacité d'une souche vis-à-vis de plusieurs espèces de Lépidoptères d'âge et d'état physiologique analogues : elle permet également de fixer les marges de la concentration d'emploi des suspensions de spores.

Par exemple, nous avons au cours d'une première série d'essais (« essais au rameau », fig. 2), examiné le comportement de quelques espèces de Lépidoptères à l'égard de la souche « Anduze » présentée en suspensions de spores issues d'une même cuve de culture (nº 108) et employée à la concentration de 200 millions de spores par cc. en fine pulvérisation donnant une répartition homogène de 2,8 mg par cm^2 de feuillage traité. Les chenilles de toutes les espèces étaient choisies au

début du 3s stade ; dans l'ensemble des lots témoins, la mortalité est restée faible, même après les délais d'appréciation des résultats de l'efficacité du traitement. Celle-ci est évaluée comme dans les tests insecticides, d'après la formule d'ABBOTT (1925) ce qui lui donne la signification d'une épreuve d'entomologie appliquée plutôt que de pathologie pure.

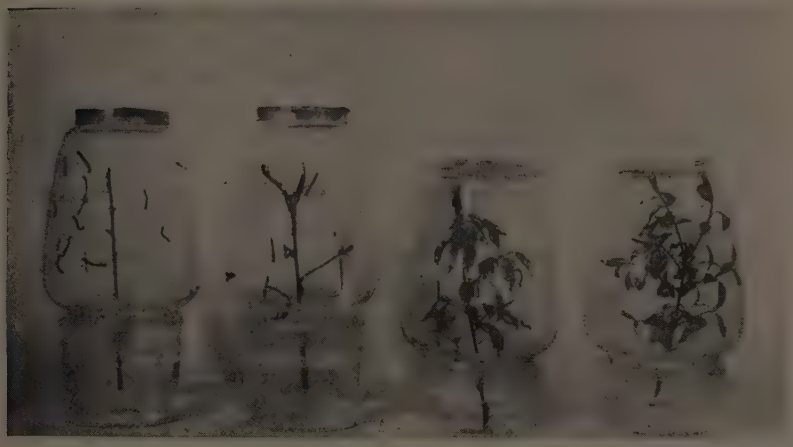


FIG. 2. — Type d'essai au rameau avec des lots de chenilles d'*Hibernia de foliaria* L. sur Prunier japonais témoin (*à gauche*) et traité avec une suspension de spores de *B. thuringiensis* (*à droite*).

Les résultats, en efficacité ABBOTT, présentés dans le tableau et les graphiques suivants, font ressortir de nettes différences de sensibilité entre les espèces d'un même groupe systématique.

Sans négliger la détermination des D. L. 50 par l'ingestion forcée,

Espèces et familles	Efficacité ABBOTT en p. 100 au :					
	2e jour	4e j.	6e j.	10e j.	13/14e j.	17/18e j.
A — PHALENES :						
Hibernia defoliaria L. (Geometrides)	8	92	100	—	—	—
Operophtera brumata L. (Geometrides)	10	15	82	93	93	100
Himera pennaria L. (Geometrides)	0	20	57	71	77	91
B — BOMBYX :						
Thaumetopea processionnea L. (Thaumetopoides)	10	44	88	100	—	—
Malacosoma neustria L. (Lasiocampides)	2	6	14	87	95	100
Euproctis phaeorrhoea DON (Lymantrides)	0	6	6	44	70	87
Lymantria dispar L. (Lymantrides)	2	2	4	16	18	18

nous verrons dans un autre mémoire que la « *vitesse d'action léthale* », telle qu'elle a été exprimée dans l'étude des insecticides d'ingestion (CAMPBELL 1926), est une relation probablement aussi utile et peut-être plus significative pour l'interprétation de cette différence de sensibilité due à des modalités particulières de l'infection.

3° Étiologie et symptômes.

Les essais qui viennent d'être rapportés mettent en évidence la grande susceptibilité de *Pieris brassicae* L. à l'infection par *Bacillus thuringiensis* BERLINER. Nous savons déjà par les anciens auteurs que cette susceptibilité s'applique à tous les stades larvaires et nous avons souligné (TOUMANOFF et GRISON 1954) que cette particularité conférait à une suspension de spores de *B. thuringiensis* un réel avantage pratique par rapport aux préparations d'insecticides organiques de synthèse.

Ce point de vue, lorsque les infestations de chenilles sont très échelonnées comme c'est le cas pour les Piérides, ainsi que le problème posé par les résidus toxiques (VIEL et RAUCOURT 1954) en culture maraîchère, pouvait être pris en considération pour le choix du ravageur à combattre par une méthode de lutte microbiologique.

Les travaux de E. A. STEINHAUS (1951) et de Y. TANADA (1953) ont montré par ailleurs l'intérêt présenté par l'emploi de *B. thuringiensis* dans la lutte contre d'autres *Piérides*.

Mais, du point de vue écologique, deux autres aspects biologiques ont également retenu notre attention. D'abord la pathologie de *P. brassicae* a été très largement étudiée par PAILLOT (1918-1933) ; cet auteur a décrit les maladies à Microsporidies, il a caractérisé « deux maladies des noyaux » qu'il apparentait à la grasserie et à la gattine du ver à soie et que l'on sait être maintenant une granulose et une polyédrose, et il a aussi mentionné une nombreuse flore bactérienne dont la pathogénécité stricte est probablement à reconsidérer ; d'autre part BREFIELD depuis 1871 avait reconnu une mycose provoquée par *Entomophtora sphaerosperma* FRES.

Malgré ce large assortiment de maladies il ne semble pas que l'une d'entre elles en provoquant un état épizootique ait un rôle primordial dans la rupture des gradations ou, autrement dit, dans la réduction brutale des pullulations de Piéride.

Les insectes entomophages, par leur intervention énergique sont les agents les plus fréquemment efficaces de la régulation des populations de *P. brassicae* (FAURE 1926, BLUNCK 1951).

La périodicité et la généralité de l'action des insectes entomophages est le second aspect du choix de la Piéride du chou car il nous offre ainsi la

possibilité d'expérimenter facilement sur les interactions des insectes entomophages et des germes pathogènes (BILIOTTI 1956).

Certaines études d'anatomopathologie et de physiologie de l'Insecte peuvent également apporter un élément complémentaire utile dans le choix que nous désirons opérer. Nous retiendrons seulement comme exemple les travaux de A. M. HEIMPEL (1955) sur le rôle du pH du tube digestif de plusieurs espèces parce qu'ils nous rappellent ceux tout à fait similaires, *mutatis mutandi*, de SWINGLE (1928) et de MARSHALL (1939) sur la différence de sensibilité des larves de Lépidoptères vis-à-vis des divers insecticides arsénicaux.

En ce qui concerne la Piéride du chou l'expérimentation est en outre facilitée par la mise au point d'une « routine » d'élevage permanent (GRISON et DE SACY *ces annales*) dont la seule difficulté réside précisément dans le danger des manifestations épizootiques beaucoup plus fréquentes au laboratoire que dans la nature.

Puisque *P. brassicae* est susceptible d'être infecté par des germes pathogènes variés, il est utile que l'entomologiste puisse distinguer microscopiquement leurs effets morbides bien que la diagnose exacte soit confiée au pathologiste.

Dans le cas des infections provoquées par *Bacillus thuringiensis* BERLINER dont nous nous préoccupons plus spécialement ici, les symptômes sont, d'après STEINHAUS (1951) similaires chez la plupart des espèces de Lépidoptères sensibles, ce que confirme TANADA pour *Pieris rapae* L. (1953). Le premier signe caractéristique de l'infection est la *perte de l'appétit* qui se produit quelques heures après l'ingestion du bacille, comme nous l'avons indiqué précédemment, en réservant notre opinion sur l'éventualité d'un effet répulsif de la suspension sporulée sur les réactions gustatives de l'animal.

Bien que STEINHAUS observe une diminution de la sensibilité tactile chez la Coliade de la Luzerne nous n'avons pas constaté une différence significative de la capacité réflexogène entre les chenilles infectées et les chenilles saines dans nos essais ; cette capacité était éprouvée de deux façons : par l'observation de la réaction de la chenille au souffle dirigé vers elle d'une part et de celle qu'elle manifestait après un attouchement dorso-abdominal au pinceau d'autre part.

Nous n'avons pas tenu compte de la régurgitation qui se produit dans les chenilles saines ou infectées après l'attouchement au pinceau et dont la disparition est plutôt le signe d'une prochaine mue. Par ailleurs les manifestations diarrhéiques ne paraissent pas être fréquentes ni constantes chez les chenilles infectées au moins chez celles du 3^{e} stade avec lesquelles nous effectuons la plupart de nos essais.

En résumé, étant donné le délai assez long (24 ou 48 heures) qui sépare deux observations consécutives, nous ne retenons pas l'état inter-

médiaire observé par HEIMPEL (1955) sur *Pristiphora erichsoni* HTG. entre ceux qu'il appelle fort bien « état apathique » et « état moribond ». Dans ce dernier état lorsque la chenille est mise sur le côté elle est incapable de se redresser et meurt dans les heures suivantes.

L'histopathologie a été étudiée par TANADA (1953) chez *Pieris rapae* L. ainsi que la pathogénèse décrite déjà par MATTES (1927) chez *Ephestia*. VAGO apporte une contribution à la connaissance de ces phénomènes chez *Pieris brassicae* L. (sous presse).

III. — LES CONDITIONS DE L'APPLICATION

1° Formes de distribution.

Avant de choisir un moyen de distribution artificielle des préparations à base de germes infectieux et d'envisager les aspects du développement et les chances de succès d'une épizootie artificiellement provoquée, il convient de déterminer la forme sous laquelle la dispersion du germe sera effectuée.

On a pensé depuis longtemps à distribuer dans les cultures envahies par un insecte phytophage des cadavres de cette même espèce d'insecte, en supposant que les facteurs naturels favoriseraient la dispersion des millions de germes apportés avec ces cadavres et par suite l'infection des individus sains. Un des exemples les plus caractéristiques de cette méthode d'application se rapporte à l'utilisation d'un champignon, *Entomophtara houlicae* REICH, contre le Bombyx Cul brun, *Euproctis phaeorrhaea* DON. en Amérique de 1907 à 1910 (SPEARE et COLLEY 1912).

Mais de telles méthodes ne peuvent être généralisées, car l'une des conditions primordiales de l'utilisation pratique des maladies des insectes est d'obtenir industriellement des quantités importantes de germes infectieux répondant à des normes d'homogénéité rigoureuse.

La méthode d'obtention ne doit donc pas dégrader le pouvoir pathogène de la souche initiale et elle doit assurer aux préparations successives comme aux diverses fractions de chacune d'elles un degré de virulence exactement identique pour garantir au contrôle préalable une même efficacité.

On a cherché à multiplier les germes en les cultivant sur des milieux artificiels selon des techniques courantes en bactériologie et, déjà en 1878, METCHNIKOFF (in DANYSZ et WIZE 1903) avait eu l'idée de cultiver un champignon, *Isaria destructrix* sur moût de bière pour infecter des larves de Coléoptères ravageurs de la Betterave à sucre, *Anisoplia austriaca* et *Cleonus punctiventris*, avec des spores provenant de ces cultures.

Il est relativement facile de cultiver les bactéries, qui nous intéressent

plus spécialement ici, soit sur milieux gélosés solides soit sur milieux liquides et nous ne décrirons pas les différentes techniques utilisées (voir STEINHAUS 1949 p. 689). Les « poudres de spores » après récolte de celles-ci sur les milieux solides ont eu la plus grande faveur jusqu'à ces dernières années avec les préparations de spores de différentes souches de *Bacillus* du type *Thuringiensis* mentionnées plus haut obtenues par METALNIKOV et ses collaborateurs de 1930 à 1939 et avec celles de *Bacillus popilliae* dont la technique d'obtention a été décrite par DUTKY (1942).

Actuellement une méthode analogue a été utilisée par STEINHAUS (1951) ; mais on a également recours aux cultures en milieu liquide (WIKEN et WILLE 1953) qui ont l'avantage, par ailleurs, de faciliter l'étude approfondie des exigences nutritives et du métabolisme de la Bactérie. C'est la raison pour laquelle les services du Professeur LEMOIGNE et du Docteur BONNEFOI, à l'Institut Pasteur, se sont orientés vers ce mode de production semi-industrielle des souches de *Bacillus thuringiensis* que nous avons retenues pour nos essais d'application (GRISON et Mme BEGUIN 1954). La composition du milieu de culture et la méthode de préparation de la suspension virulente sont décrites ailleurs (LEMOIGNE et al., 1956).

2° Conditions écologiques de l'application.

Toute méthode de lutte biologique, au sens large de THOMPSON (1930), est fondamentalement un problème de populations dans lequel la dynamique de celles-ci est une donnée directement ou indirectement dépendante d'un complexe de facteurs biotiques et climatiques dont l'analyse constitue un des éléments essentiels de l'application bactériologique.

Il n'est pas dans l'objet de cette note de procéder à quelque inventaire des facteurs écologiques et de leur interaction : depuis les études de NICHOLSON (1933-1947) des traités récents apportent de grandes précisions d'idées et de faits dans ce domaine (W. C. ALLEE 1949 ; ANDREWARTHA et BIRCH 1954 ; F. S. BODENHEIMER 1954) ; les effets des agents pathogènes épizootiques ont été analysés dans une revue récente par STEINHAUS (1954) ; il convient seulement de rappeler que toutes les relations biocœnotiques habituellement considérées dans le cas de l'intervention d'un parasite entomophage contre un Insecte ravageur qui lui tient lieu d'hôte spécifique ou occasionnel, s'appliquent également et à peu près de la même manière au cas d'un microorganisme et STEINHAUS (1949) précise à ce sujet que, quel que soit l'agent auquel on a recours, l'efficacité de la lutte biologique dépend à la fois :

— de la dispersion de l'hôte, c'est-à-dire du mode de répartition des individus autant que de la densité moyenne de la population ;

— de la faculté du microorganisme d'être plus ou moins largement

distribué par les facteurs abiotiques tels que le vent et l'eau, ou par le contact de l'hôte avec certains éléments souillés de la biocœnose.

Dans un inventaire des facteurs écologiques figurent à la fois les éléments favorables et défavorables car c'est selon le sens vers lequel penchera la balance de leurs antagonismes que le résultat de l'action entreprise sera favorable ou défavorable.

Actuellement les résultats des applications de microorganismes comme méthode de lutte biologique, s'accompagnent surtout de constatations empiriques. Dans nos essais d'utilisation en plein champ de suspensions de spores de *B. thuringiensis* contre la Piéride du Chou, nous mentionnons par exemple la conservation de la virulence des germes et de l'efficacité du traitement, malgré une forte pluviométrie : or ne convient-il pas d'attribuer à cette dernière une des causes du succès ? Nous ne pourrons nous prononcer qu'en procédant non seulement à de nombreuses répétitions d'essais sur le terrain, mais aussi à une expérimentation méthodique au laboratoire sous des conditions rigoureusement définies.

Ainsi S. Metalnikov fils (1933) a précisé que l'action destructrice des rayons solaires sur les spores de Bactéries, souche « Cazaubon » et quelques autres se manifestaient par une diminution très lente de la virulence. Au contraire, C. Vago et M. C. Busnel (1952) constatent l'inactivation rapide de la virulence des spores de *B. cereus* var. *alesti* après 4 heures d'irradiation ultra-violette de 2 537 Å. Nous pensons que la plupart de ces résultats devront être repris lorsque nous connaîtrons mieux la nature des processus infectieux dans la nature.

A l'heure actuelle la détermination de l'opportunité (du "timing" le plus favorable) d'un traitement bactériologique est la plus grande difficulté rencontrée dans l'emploi des germes pathogènes contre les insectes nuisibles. C'est parce que l'écologiste a pour rôle de se préoccuper des raisons subtiles et complexes qui influencent dans un sens ou dans un autre la balance de population d'une espèce animale, qu'il lui appartient de chercher à caractériser ce « timing ».

IV. — L'INTERPRÉTATION DU RÉSULTAT ET LES LIMITES D'UTILISATION DE LA LUTTE BACTÉRIOLOGIQUE

1° Processus infectieux.

A l'encontre de l'emploi des germes pathogènes et spécialement des bactéries entomophages, on a invoqué l'apparition de phénomènes d'immunité, à l'étude desquels Paillot a largement contribué (1933) et susceptibles de réduire la portée d'une telle entreprise. Nous ne rappellerons pas ici des phénomènes dont l'étude est du domaine propre de la pathologie des Insectes (Toumanoff 1949).

Pour des causes physiologiques variées parmi lesquelles on peut suggérer le cas d'une réaction humorale spécifique, certaines espèces d'Insectes peuvent présenter une immunité naturelle à l'infection par tel ou tel germe. Il n'est pas exclu d'envisager que sous l'effet d'une immunité acquise apparaissent des races résistantes d'Insecte-hôte après l'utilisation prolongée d'un germe.

Nous ne pouvons considérer ces éventualités défavorables comme un inconvénient propre à la lutte microbiologique depuis les nombreux cas de résistance aux insecticides organiques de synthèse qui ont été mis en évidence par les entomologistes et les phytopharmaciens : dans ce domaine nous connaissons également la résistance relative innée et adaptative (PESSON 1954).

Un autre aspect de la lutte microbiologique que nous rapprochons de la lutte chimique concerne les modes de pénétration et d'action du germe. Ici encore nous laisserons au pathologiste le soin de caractériser les phénomènes de toxémie et de septicémie en indiquant cependant que l'entomologiste ne doit pas négliger le processus de déclenchement de la morbidité particulièrement dans l'appréciation des délais d'action des caractères de l'épizootie.

On peut évaluer au laboratoire la « rapidité d'action léthale » ainsi que nous l'avons mentionné ailleurs et dont nous donnons ici un nouvel exemple par la comparaison des deux graphiques ci-joints obtenus sur deux espèces de lépidoptères, la plupart des autres conditions étant à peu près analogues (fig. 3). Cette comparaison peut révéler une modalité infectieuse différente entre les deux cas sans en préciser la nature et sans exclure d'autres éventualités que le pathologiste pourrait mettre en évidence.

En toxicologie on a utilisé les propriétés abrasives de certains corps inertes surtout pour leurs seuls effets physiques. Cependant, TURNER (1943) a pensé favoriser la pénétration des poisons roténonés dans l'organisme en y ajoutant notamment de la pyrophyllite : il obtient ainsi un accroissement d'efficacité pour une dose égale de roténone de trois à cinq fois contre le Doryphore et la Piéride du Chou.

Nous mêmes, au cours de nos études sur les insecticides fluorés, avons pensé à utiliser la poudre d'amiante (1) comme adjuvant abrasif et la figure ci-jointe montre l'effet de celle-ci sur l'épithélium des cellules intestinales de la Processionnaire du Pin, *Thaumetopea pytiocampa* SCHIFF (fig. 4).

En sorte que dans certains cas d'intoxication chimique, il est nécessaire de recourir à l'examen histologique pour bien préciser la manière dont l'empoisonnement s'est produit.

(1) Échantillons fournis gracieusement par la Société des mines d'amiante de Canari (Corse)

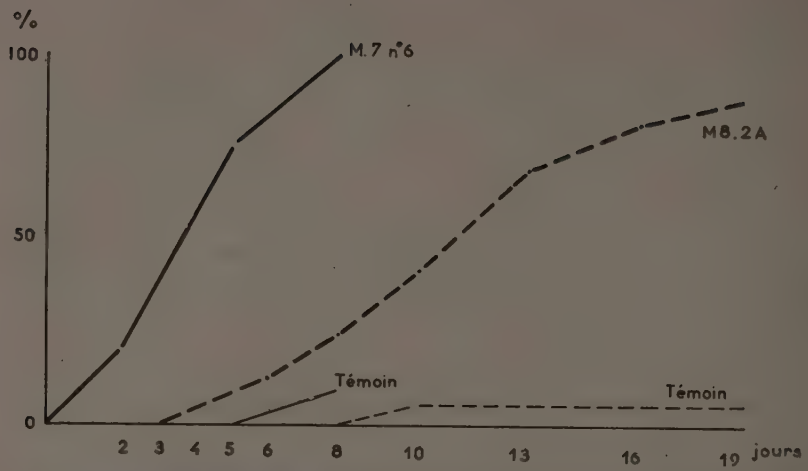


FIG. 3. — Graphiques montrant la différence de rapidité d'action léthale observée en plein air après un traitement identique avec *B. thuringiensis* sur Piéride du chou du 3e stade (M. 7, n° 6) et sur Processionnaire du Pin du 4e stade (M. 8, 2A).

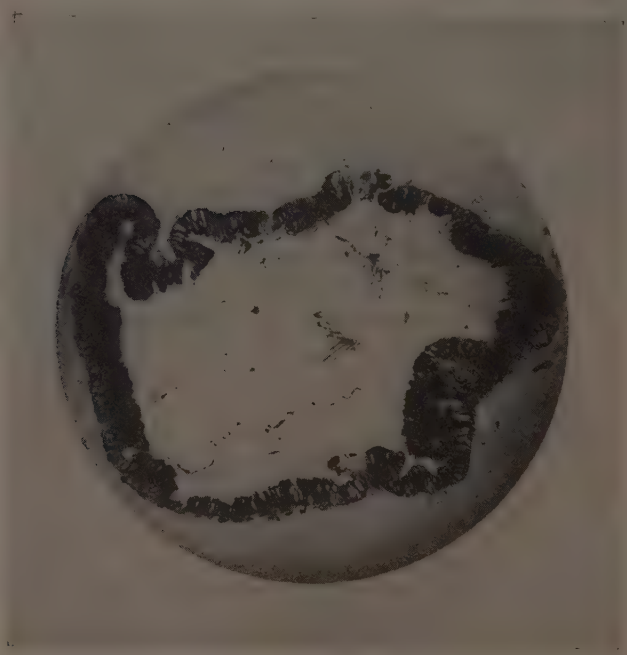


FIG. 4. — Coupe dans l'intestin moyen de *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF montrant les aiguilles, microscopiques de poudre d'amiante et les déchirures et lésions que celles-ci ont provoqué dans la membrane péritrophique et dans l'épithélium.

ANNALES DES ÉPIPHYTIES, ANNÉE 1956, p. 483.

ERRATUM

(suite du TABLEAU I)

LISTE DES ESPÈCES ISOLÉES

N° des souches	Nom des espèces	Sole					Autres stations des environs
		Betterave			Blé		
		7 mars	9 juin	30 sept.	6 sept.	16 nov.	
	SPHAEROPSILEES						
SP 20	*Pyrenochaeta sp.*	+	+	+	+	+	+
SP 9	*Phoma sp.*	+	+	+	+	+	+
SP 18	*Coniothyrium sp.*	—	+	—	—	—	—
SP 11	*Selenophoma sp*	—	+	—	—	—	—
SP 12	*Phoma sp.*	—	—	+	—	—	—
SP 30	*Ascochyta sp.*	—	—	+	—	—	—
SP 13	*Ascochyta graminicola*	—	—	—	—	+	—
	MYCELIUM STERILES						
MY 7	*Mycelium sterile*		+	+	+	+	+
MY 2	*Papulospora sp.*		+	—	—	—	—
MY 8	*Mycelium sterile*		+	—	—	—	—
MY 6	*Mycelium sterile*		+	—	—	—	—
MY 10	*Mycelium sterile*		—	—	+	—	+
MY 11	*Mycelium sterile*		—	—	+	—	+
MY 12	*Mycelium sterile*		—	—	+	—	—
MY 13	*Mycelium sterile*		—	+	—	—	—
MY 14	*Mycelium sterile*		—	—	—	+	—
MY 15	*Mycelium sterile*		—	—	—	+	—

Il en est de même pour les maladies bactériennes.

Le rôle des agents inertes dans les lésions épithéliales favorisantes peut être également tenu par des éléments vivants habituels ou non de la flore intestinale et susceptibles de constituer, avec un germe pathogène, des « entités morbides » décrites par PAILLOT en 1930 et dont nous reparlons plus loin.

Enfin il est curieux de remarquer que les actions synergistes si souvent préconisées en toxicologie peuvent être également envisagées en bactériologie avec leurs promesses... et leurs désillusions.

Ainsi, BEARD (1946) observe que l'injection d'un mélange de spores de *Bacillus popilliae* et de *B. lentimorbus* dans une larve de Hanneton japonais, provoque le développement de l'une ou l'autre bactérie dans l'organisme infecté mais jamais des deux à la fois. Il suggère que ce phénomène résulte d'une activité antibiotique réciproque entre les deux germes.

2° Entités morbides.

En étudiant les maladies dysentériques chez le ver à soie, PAILLOT (1930) a mis en évidence que l'étiologie des flacheries est complexe et doit être interprétée, au moins pour certaines d'entre elles, par une sorte d'enchaînement pathogénique qui fait succéder une infection bactérienne à l'action d'un virus qui serait ainsi la cause déterminante de ce type de dysenteries. PAILLOT appelle « entité morbide » un tel enchaînement.

STEINHAUS (1949) dénomme « opportunistes » les microorganismes qui, vivant en association constante avec l'hôte, et le plus fréquemment dans le tube digestif, sont susceptibles, dans certaines conditions et en particulier quand l'hôte est affaibli, d'envahir le corps de l'insecte : ainsi opèrent les « microbes de sortie » qui peuvent être pris pour la cause même de la maladie lorsqu'on s'en tient à un examen superficiel des processus morbides.

Certains pathologistes (VAGO 1954) peuvent craindre que les entomologistes fassent de regrettables confusions dans les diagnostics « cliniques ». En fait, sans négliger l'étude de la causalité réelle d'un processus morbide celle-ci ne peut être prise en considération dans l'évaluation de l'efficacité pratique d'un traitement bactériologique, de même qu'il n'est pas tenu compte du mécanisme d'intoxication dans l'expérimentation en plein champ des substances insecticides. Dans les deux cas, l'expérimentateur fait porter son jugement sur une résultante de phénomènes sans pouvoir apprécier l'importance relative des divers facteurs écologiques qui ajoutent leurs effets à ceux de l'agent employé au cours du traitement.

D'ailleurs l'interprétation du résultat global s'opère au moyen d'une *évaluation statistique des survivants* ce qui autorise l'entomologiste à traduire fidèlement l'*effet du traitement* sur une population donnée de ravageurs sans avoir à se prononcer sur la *cause de mortalité*.

Du point de vue écologique nous devrions également caractériser les « potentialités physiologiques » de la population au moment du traitement et bien d'autres facteurs locaux et momentanés, car, selon PAILLOT (1941) les entités morbides ne correspondent pas seulement à l'action successive de deux microorganismes, mais aussi à l'action préalable de nombreuses « causes prédisposantes » (surpopulation, état physiologique de l'aliment, variations de température ou d'humidité, condensations, causes asphyxiantes etc.) déjà pressenties par PASTEUR.

3° Niveau de population du ravageur.

Lorsque ne sont pas analysées séparément les éléments constitutifs de la biocœnose et les facteurs d'interaction, l'étude biométrique des populations du ravageur enregistre globalement les fluctuations subies par des densités de population successives quelles que soient les causes qui provoquent ces fluctuations.

Sans développer ces considérations générales nous devons rappeler l'exemple devenu classique de la compétition entre le complexe biotique habituel de *Plutella maculipennis* et un germe cryptogamique artificiellement introduit (ULLYETT et SCHONKEN 1940). Ceci nous incite à ne pas négliger le comportement d'un complexe biotique au moment d'un traitement par voie bactériologique.

Dans le midi de la France où nous avons effectué certains essais d'application en plein champ de suspension de spores de B. *thuringiensis*, la population de *Pieris brassicae* L. subit des fluctuations à périodicité annuelle présentant un maximum lors de la 4e génération qui apparaît en automne et se développe sur les cultures de choux-fleurs de primeur de la région varoise. Prédateurs et parasites s'attaquent massivement à cette génération hivernante et le niveau de population du ravageur est encore réduit au printemps suivant en fonction de la densité beaucoup plus restreinte des plantes-hôtes : celles-ci sont représentées essentiellement par *Lepidium draba* L. des bordures de chemins, plante qui prend la signification d'une « station refuge » (GRISON et BILIOTTI 1953) et accessoirement par quelques choux-fleurs porte graines.

Il semble donc que l'application bactériologique puisse être envisagée sans dommage et que, au surplus, elle est susceptible d'assurer la survie d'une fraction de la population de certains parasites entomophages, tels les *Apanteles* (BILIOTTI, 1956).

Quoiqu'il en soit, ainsi que l'indique STEINHAUS, « l'introduction

des germes pathogènes devrait être réalisée de telle manière qu'elle ne renverse pas un équilibre naturel opérant en faveur de l'Homme ».

Mais ce problème ne se pose-t-il pas avec une acuité encore plus grande depuis plusieurs années dans toutes les circonstances où les insecticides chimiques ont été employés d'une manière irrationnelle ?

Ainsi donc, au point de vue de l'écologiste, l'utilisation des germes pathogènes dans la lutte contre les Insectes nuisibles, ne semble pas poser de problèmes distincts de ceux que l'entomologiste économique doit présentement résoudre. Dans le tour d'horizon que nous avons désiré faire en raison des nouvelles promesses de la lutte microbiologique, nous ne prétendons pas avoir inventorié toutes les questions soulevées par celles-ci, mais nous pensons avoir utilement présenté l'orientation actuelle des études entomologiques sur lesquelles l'application de ces méthodes pourrait reposer.

Reçu pour publication le 26 mars 1955.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABBOTT (W. S.). — 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. (*J. Ec. Ent.*, **18**, 265-267).

ALLEE, EMERSON, PARK & al. — 1949. Principles of animal ecology. 838 pp., Philadelphie et Londres.

ANDREWARTHA (H. G.), BIRCH (L. C.). — 1954. The distribution and abundance of animals (*Univ. Chicago Press*, 782 pp.).

ANGUS (T. A.). — 1954. A bacterial toxin paralysing Silkworm larvae (*Nature*, 173 A, 545-546).

BALACHOWSKY (A.). — 1951. La lutte contre les Insectes. Principes, méthodes et applications, Payot, Paris, 380 pp.

BEARD (R. L.). — 1946. Competition between two entomogenous bacteria (*Science*, **103** (2673), 371-372).

BERLINER (E.). — 1915. Uber die Schlaffsucht der Mehlmottenraupe (*Ephestia kühniella* ZELL.) und ihrer Erreger *Bacillus thuringiensis* n. sp. *Zeitschr. f. Angew. Ent.*, **2**, 29-56).

BILIOTTI (E.). — 1956. Entomophages et maladies des insectes *Entomophaga*, I, 45-53).

BLUNCK (H.). — 1951. Zur Kenntnis der Hyperparasiten von *Pieris brassicae* L. (*Zeitschr. f. Angew. Ent.*, **32**, 335-405, 33, 217-267).

BODENHEIMER (F. S.). — 1955. Précis d'écologie animale. Traduction J. THEODORIDES, Payot, Paris, 315 pp.

BREFELD (O.). — 1871. Entwicklunbsgeschichte der *Empusa muscae* und *Empusa radicans*. (*Abhdlg. d. Naturf. Gessels. z. Halle*, Bd, **2**, 1-50).

BROWN (A. W. A.). — 1951. Insect control by chemicals (Chapman, New-York, 817 pp.).

BURGERJON (A.). — 1956. Pulvérisation et poudrage au laboratoire des préparations pathogènes insecticides (*ces Annales*).

CAMPBELL (F. L.). — 1926. The speed of toxic action of arsenic in the Silkworm (*J. Gener. Physiol.*, **9**, 433-443).

CAMPBELL (F. L.). — 1926. The practicability of quantitative toxicological investigations on mandibulate insects (*J. Agric. Res.*, **32**, 359).

CAMPBELL (F. L.). — 1930. A comparison of four methods for estimating the relative toxicity of stomach poison insecticides (*J. Ec. Ent.*, **23**, 357-370).

CAMPBELL (F. L.) & FILMER (R. S.). — 1929. A quantitative method of estimating the relative toxicity of stomach-poison insecticides (*Trans. IVth Intern. Congr. Ent. Ithaca*, 1928, 523-533).

DANYSZ (J.) & WIZE (K.). — 1903. Les Entomophytes du Charançon des Betteraves à sucre *Cleonus punctiventris* (*Ann. Inst. Pasteur*, 421).

DELAPORTE (M^lle B.) & BEGUIN (M^me S.). — Etude d'une souche de *Bacillus* pathogène pour certains insectes, identifiable à *Bacillus thuringiensis* BERLINER (*Ann. Inst. Pasteur*, 89 (6), 632-43).

DUTKY (S. R.). — 1942. Method for the preparation of sporedust mixtures of type A Milky disease of Japanese beetle larvae for field inoculation. (*U. S. D. A. Entom. Plant Quarantine* E-T, **192**, 10 pp.).

FAURE (J. C.). — 1926. La Piéride du Chou et ses parasites Hyménoptères. (Bosc et Riou, Lyon, 221 pp.).

GRISON (P.), BEGUIN (M^me S.). — 1954. Premiers essais sur une méthode d'emploi et sur l'efficacité de *Bacillus cereus* contre les chenilles processionnaires (*C. R. Ac. Agric.*, **40**, (10), 413-415).

GRISON (P.), BILIOTTI (E.). — 1953. La signification agricole des « stations-refuges » pour la faune entomologique (*C. R. Ac. Agric.*, **39**. (2), 106-108).

GRISON (P.) et de SACY (R.) L'élevage de *Pieris brassicae... (ces Annales)*.

HANNAY (C. L.). — 1953). Crystalline inclusions in aerobic sporeforming bacteria (*Nature*, **172**, 1 004).

HANSBERRY (T. R.), RICHARDSON (C. H.). — 1936. Toxicity of certain stomach poisons to several common Lepidopterous larvae (*J. Ec. Ent.*, **29**, 1160).

HEIMPEL (A. M.). — 1955. The pH in the gut and blood of the Larch Sawfly *Pristiphora erichsoni* HTG and other insects with reference to the pathogenicity of *Bacillus cereus* Fr. & Fr. (*Canad. J. Zool.*, **33**, 99-106).

LEMOIGNE et al. — 1956. Essais d'utilisation de *Bacillus thuringiensis* BERLINER contre *Pieris brassicae* L. *(Entomophaga*, I, 19-34*)*.

MARSHALL (J.). — 1939. The hydrogen ion concentration of the digestive fluids and blood of the Codling moth larva (*J. Ec. Ent.*, **32**, 838-843).

MATTES (O.). — 1927. Parasitäre Krankheiten der Mehlmottenlarven und Versuche über ihre Verwendbarkeit als biologische Bekämpfungsmittel. (Zugleich ein Beitrag zur Zytologie der Bakterien) (*Gesell. f. Beförd. Gesam. Naturw. Sitzber.*, Marburg, **62**, 381-417).

METALNIKOV (S.). — 1930. Utilisation des microbes dans la lutte contre Lymantria et autres insectes nuisibles (*C. R. Soc. Biol.*, **105**, 535-536).

METALNIKOV (S. S. jr). — 1933. Actions des rayons solaires sur les spores de bactéries pathogènes pour les insectes (*C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1666-1669).

METALNIKOV (S.) & CHORINE (V.). — 1929 *a*. L'utilisation des microbes dans la lutte contre la Pyrale du Maïs (*Pyrausta nubilalis* HB.). (*Ann. Inst. Pasteur*, **43**, 1391-1395).

METALNIKOV (S.), & CHORINE (V.). — 1929 *b*. On the infection of the Gypsy Moth and other certain insects with *Bacterium thuringiensis*. A preliminary report (*Intern. Corn. Borer Invest. Sci. Rpts.*, **2**, 60-61).

METCHNIKOFF (E.). — 1879. Diseases of the larva of the grain weevil. Insects harmful to agriculture (series). Issue III, the Grain Weevil. (Publ. Commission attachée à Odessa Zemstvo. Office pour les recherches sur le problème des insectes utiles à l'agriculture. Odessa, 32 pp.).

NICHOLSON (A. J.). — 1933. The balance of animal populations(*J. An. Ecol.*, suppl. vol. 2, 132-178).

NICHOLSON (A.). — 1947. Fluctuations of animal populations. (*Rep.* 26th Meet. A. N. Z. A. A. S., Perth, 1947).

NICHOLSON (A. J.) & BAILEY (V. A.). — 1935. The balance of animal populations pt I (*Proc. Zool. Soc. London*, 551-598).

PAILLOT (A.). — 1918. Deux microsporidies nouvelles parasites des chenilles de *Pieris brassicae* (*C. R. Soc. Biol.*, **80**, 66).

PAILLOT (A.). — 1919. *Perezia legeri* n. sp. microsporidie nouvelle parasite des chenilles de *Pieris brassicae* (*C. R. Soc. Biol.*, **81**, 187).

PAILLOT (A.). — 1924. Sur *Perezia pieris*, microsporidie nouvelle de *Pieris brassicae* (*C. R. Soc. Biol.*, **90**, 1255).

PAILLOT (A.). — 1924. Sur *Thelohania mesnili*, microsporidie nouvelle parasite des chenilles de *Pieris brassicae* (*C. R. Soc. Biol.*, **90**, 501).

PAILLOT (A.). — 1924. Sur une nouvelle maladie des chenilles de *Pieris brassicae* et sur les maladies du noyau chez les insectes (*C. R. Ac. Sci.* Paris, **179**, 1353-1356).

PAILLOT (A.). — 1925. Sur les altérations cytologiques au cours de l'évolution de la maladie du noyau des chenilles de *Pieris brassicae* (*C. R. Ac. Sci.*, Paris, **180**, 1797).

PAILLOT (A.). — 1926. Sur un Vibrion parasite des chenilles de *Pieris brassicae* L. (*C. R. Soc. Biol.*, **94**, 67).

PAILLOT (A.). — 1926. Sur une nouvelle maladie du noyau ou grasserie des chenilles de *Pieris brassicae* et un nouveau groupe de microorganismes parasites (*C. R. Ac. Sci.*, Paris, **182**, 180-182).

PAILLOT (A.). — 1930. Influence des infections microbiennes secondaires sur le développement des ultra-virus chez le Bombyx du mûrier (*C. R. Soc. Biol.*, **104**, 585-586).

PAILLOT (A.). — 1933. L'infection chez les Insectes. (G. Patissier, Trévoux, 535 pp.).

PAILLOT (A.). — 1941. Les travaux de Pasteur sur la flacherie et les théories modernes sur la pathologie du tube intestinal du Bombyx du murier (*Ann. Epiph.*, **7**, 99-117).

PESSON (P.). — 1954. Les rapports de la lutte chimique et de la lutte biologique contre les ennemis des cultures (*B. T. I.* nº 94, 643-648).

RAUCOURT (M.). — 1941. La détermination des doses toxiques de certains produits envers le Doryphore (*Ann. Epiph.*, **7**, 129-33).

SPEARE (A. T.) & COLLEY (R. H). — 1912. The artificial use of the Brown Tail fungus in Massachussetts. (Wright & Potter, Boston, 29 pp.).

STEINHAUS (E. A.). — 1949. Principles of insect pathology (1rst ed. Mac Graw Hill, New-York, 757 pp.).

STEINHAUS (E. A.). — 1951. Possible use of *Bacillus thuringiensis* BERLINER as an aid in the biological control of the Alfalfa caterpillar (*Hilgardia*, **20** (18), 359-81).

STEINHAUS (E. A.). — 1954. The effects of disease on insect populations (*Hilgardia*, **23** (9), 197-261).

STEINHAUS (E. A.) & JERREL (E. A.). — 1954. Further observations on *Bacillus thuringiensis* BERLINER and other sporeforming bacteria (*Hilgardia*, **23** (1), 1-21).

SWINGLE (H. S.). — 1928. Digestive enzymes of the oriental fruit Moth (*Ann. Ent. Soc. Amer.*, **21**, 469-475).

TANADA (Y.). — 1953. Susceptibility of the imported Cabbageworm to *Bacillus thuringiensis* BERLINER (*Proc. Haw. Ent. Soc.*, **15**, 159-166).

TATTERSFIELD (F.). — 1939. Biological methods of testing insecticides. A review. (*Ann. Appl. Biol.*, **26**, 365-384).

THOMPSON (W. R.). — 1930. The principles of biological control (*Ann. Appl. Biol.*, **17**, 306-338).

TOUMANOFF (C.). — 1949. Les maladies microbiennes et l'immunité naturelle chez les Insectes (*Rev. Canad. Biol.*, **8** (4), 343-369).

TOUMANOFF (C.). — 1953. Description de quelques souches entomophytes de *Bacillus cereus* FRANK. & FRANK. avec remarques sur leur action et celle d'autres bacilles sur le jaune d'œuf (*Ann. Inst. Pasteur*, **85**, 90-98).

TOUMANOFF (C.) & GRISON (P.). — 1954. Etudes préliminaires sur l'utilisation des bactéries et champignons entomophages contre les insectes nuisibles. (*C. R. Ac. Agric. Fr.*, **40** (7), 277-280).

TOUMANOFF (C.) & VAGO (C.). — 1951. L'agent pathogène de la Flacherie des Vers à soie endémique dans la région des Cévennes : *Bacillus cereus var. alesti*, var. nov. (*C. R. Ac. Sci.*, **233**, 1504).

TOUMANOFF (C.) & VAGO (C.). — 1952. La nature de l'affection des Vers à soie due à *Bacillus cereus var. Alesti* TOUM. & VAGO et les modalités d'action de ce Bacille (*Ann. Inst. Pasteur*, **83**, 421).

TOUMANOFF (C.) & VAGO (C.). — 1953. Recherches sur l'effet toxique de *Bacillus cereus var. Alesti* vis-à-vis des Vers à soie (*Ann. Inst. Pasteur*, **84**, 623-628).

TURNER (N.). — 1943. Dust diluents for rotenone (*J. Ec. Ent.*, **36**, 266-272

ULLYETT (G. C.) & SCHONKEN (D. B.). — 1940. A fungus disease of *Plutella maculipennis* CURT. in South Africa, with notes on the use of entomogenous fungi in insect control (*Union South Africa Sci. Bull. Dept. Agric. Forest.*, nº 218, 24 pp.).

VAGO (C.). — 1954. Enchaînement d'une virose et d'une septicémie bactérienne chez les larves de *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF (*C. R. Soc. Biol.*, **148** (23-24), 1993-1995).

VAGO (C.) & BUSNEL (Mme M-C.). — 1952. Discrimination entre l'inactivation de la virulence et du développement bactériens par le rayonnement ultra-violet de 2537 Å (*Experientia*, **8** (3), 106-109).

VIEL (G.) & RAUCOURT (M.). — 1954. Les résidus de pesticides dans les traitements agricoles : leur importance et les dangers qu'ils peuvent présenter (*Zesde Jaarlijks Symp. Phytoph.*, 311-334).

WIKEN (T.), WILLE (H.). — 1953. Ueber den Wuchsstoffbedarf eines sporebilden, für Engeling von *Melolontha vulgaris* FABR. pathogenen Bakteriums (*Zbl. Bakt.* II. Abt. 107, 259).

POSSIBILITÉS D'EMPLOI DES INSECTICIDES ENDOTHÉRAPIQUES EN VUE DE LA PROTECTION DES PLANTES CONTRE LES MALADIES A VIRUS

PAR

L. BONNEMAISON

Station centrale de Zoologie agricole, Versailles.

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Traitement par trempage des graines, des racines ou des tubercules.

II. — Traitement par pulvérisation ou par arrosage.

A. — Relation entre la durée de l'alimentation et la mortalité des Aphides.
B. — Essais en pulvérisation.
C. — Traitement par arrosage du sol.

III. — Protection de la betterave contre la Jaunisse.

A. — Fluctuations des populations aphidiennes et déplacements des ailés.
B. — Essais de traitements.
1. — Influence des traitements sur la population aphidienne.
2. — Efficacité des traitements contre la Jaunisse.

IV. — Protection de la pomme de terre contre les maladies à virus.

A. — Fluctuations des populations aphidiennes.
B. — Essais de traitements.

V. — Conclusions.

VI. — Résumé.

Bibliographie.

Les premiers insecticides à action endothérapique ont été obtenus en 1936 par SCHRADER mais ils n'ont été étudiés en divers pays qu'à partir de 1946 et les travaux se rapportant à ces substances ne furent publiés qu'en 1947 et 1948 (MARTIN et SHAW 1947, SCHRADER 1948). Ces nouveaux produits ont suscité un grand intérêt et il a été relevé, en décembre 1953, 455 publications ayant trait à ces insecticides (GIANG 1954).

Dans un travail paru en 1951, j'ai indiqué les résultats d'essais réa-

lisés avec le séléniate de soude, le schradan (ou OMPA, octaméthylpyrophosphoramide) en comparaison avec le parathion.

Ce mémoire mentionne les résultats d'essais de laboratoire et de plein champ portant sur diverses substances à action endothérapique plus ou moins marquée : le schradan, le déméton (thiophosphate de diéthyle et d'éthylthioglycol), l'isolan (isopropylméthylpyrazoldiméthylcarbamate) en parallèle avec le parathion ou l'oléoparathion.

Je remercie M. PARISOT, agent technique, qui a effectué avec le plus grand soin les nombreuses numérations relatées dans ce travail.

I. — TRAITEMENT PAR TREMPAGE DES GRAINES, DES RACINES OU DES TUBERCULES

Divers essais de traitement des graines ont été faits avec le schradan. TSI (1950) a observé que les plantules de Haricot n'étaient pas attaquées par *Aphis fabae* SCOP. pendant 50 jours après le semis lorsque les graines ont été placées pendant 24 heures dans une solution de schradan à 0,5 p. 100. IVY, IGLINSKY et RAINWATER (1950) ont immergé des graines de cotonnier pendant 2 heures dans des solutions à 0,5 et 1 p. 100 de MA. Une protection de 6 semaines contre le Puceron du Pois a été obtenue par BRONSON et DUDLEY (1951) qui préconisent 1 250 à 2 500 g de MA pour 175 l de pois.

LHOSTE et LEIBOVICI (1952) recommandent pour la Fève des bains à 1 p. 100 de schradan pendant 24 heures et, pour le traitement des boutures de chrysanthèmes, des solutions à 0,25-0,5 p. 100 MA pendant 1,30 h.

GROB (1952) a pulvérisé ou saupoudré des tubercules de Pomme de terre avec de l'isolan à diverses concentrations ; le traitement n'a pas assuré une protection satisfaisante.

Des pois ont été protégés des attaques d'*Acyrthosiphon onobrychis* BOYER pendant 80 jours par l'enrobage des graines avec une poudre renfermant 50 p. 100 de déméton ou l'épandage d'une préparation à base de déméton dans la raie de semis (ASHDOWN et CORDNER (1952).

UNTERSTENHOFER (1953) a traité des graines de Féverole avec une poudre spéciale à 0,2 p. 100 de déméton ; le rendement en graines a été, pour 100 chez le témoin, de 138 pour le lot traité contre 129 pour un lot ayant reçu une pulvérisation à 300 g MA/ha et 172 pour le lot traité à 600 g MA/ha.

Mes expériences ont été faites sur des graines de Fève (var. d'Aguadulce) et des graines de Betterave sucrière (var. DESPREZ) ainsi que sur des tubercules de Pomme de terre et de Dahlia. Dans tous les cas, il a été noté l'action des produits essayés sur la levée et la croissance ainsi que la durée de l'efficacité du traitement vis-à-vis des pucerons (*Aphis fabae* SCOP.)

A. — Essais sur graines de Fève.

Essai nº 1. — Les graines de Fève ont été immergées le 22 avril 1952 pendant 24 h à la température moyenne de 18ºC ; la quantité moyenne de liquide absorbée par 100 graines fut de 180 cc ; les graines furent ensuite laissées pendant 1 h à l'air sur des feuilles de buvard puis semées : pour chaque lot, 20 graines furent semées en pot dans une serre et 20 autres graines en pleine terre. L'essai comprenait 2 témoins et 8 lots traités :

1. — Témoin (trempage dans l'eau).
2. — Parathion en émulsion 2,5 p. 100 à 50 g MA/hl.
3. — Parathion en émulsion 2,5 p. 100 à 100 g.
4. — Schradan à 44 p. 100, 440 g.
5. — Schradan à 44 p. 100, 880g.
6. — Isolan à 10 p. 100, 50 g.
7. — Isolan à 10 p. 100, 100 g.
8. — Déméton à 50 p. 100, 25 g
9. — Déméton à 50 p. 100, 50 g.

L'action phytocide des produits essayés a été relativement moins marquée dans les essais en serre que dans ceux de plein air. L'examen des graphiques nº 1 et 2 (essais en serre) montre que le schradan est le pro-

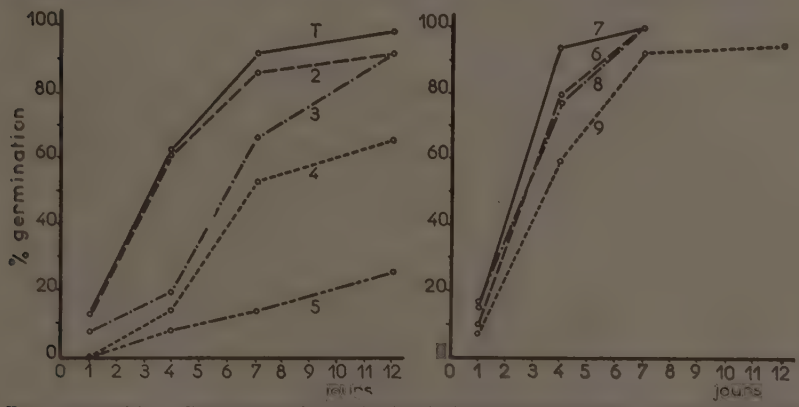


FIG. 1 (*à gauche*). — Pourcentages de germination de fèves plongées pendant 24 heures dans des solutions insecticides. Essais en serre. — Témoin (T.), Parathion à 50 (2) et 100 g MA/hl (3), Schradan à 440 (4) et 880 g MA/hl (5).

FIG. 2 (*à droite*). — Isolan à 50 (6) et 100 g MA/hl (7), Déméton à 25 (8) et 50 g MA/hl (9).

duit le plus phytotoxique ; viennent ensuite le parathion à 100 g MA/hl (l'action retardatrice étant attribuable au solvant et non au parathion) et le déméton à 50 g MA/hl. Les hauteurs moyennes des plantes semées en plein air étaient respectivement les suivantes, les 16 et 21 mai : Témoin: 72-98 cm ; lot 2, 65-96 cm ; lot 3, 45-90 cm ; lot 4, 2-8 cm ; lot 5, 35-65 cm ; lot 6, 46-80 cm ; lot 7, 55-100 cm ; lot 8, 40-100 cm ; lot 9, 70-110 cm.

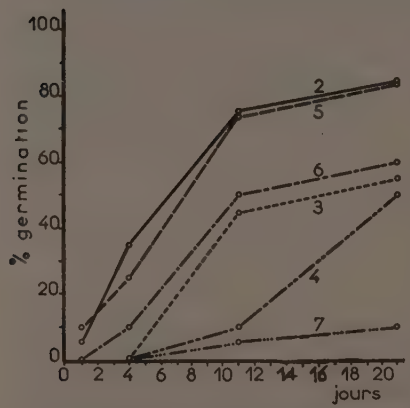
Il a été déposé 2 aptères adultes d'*A. fabae* sur chaque plante cultivée en serre les 12, 19 et 26 mai, soit 19, 26 et 33 jours après le traitement ; les pucerons (aptères et larves) étaient dénombrés 5 jours après le dépôt des pucerons.

Le 19e jour après le traitement, le parathion n'assurait plus aucune protection ; la mortalité était totale pour les autres lots, à l'exception de l'isolan à 50 g MA/hl où la mortalité était de 80 p. 100. Le 26e jour, l'isolan à 50 g MA/hl n'assurait plus aucune protection et la mortalité était de 60 p. 100 pour le déméton à 25 g MA/hl et de 70 p. 100 pour l'isolan à 100 g MA/hl ; enfin, le 33e jour, la mortalité était nulle pour le déméton à 50 g MA/hl, de 20 p. 100 pour le schradan à 440 g MA/hl et de 30 p. 100 pour le schradan à 880 g MA/hl.

En plein air, le pourcentage de pieds présentant des colonies d'*A. fabae* à la date du 30 mai était de 100 p. 100 pour le témoin, de 85 p. 100 pour le parathion à 50 g et 100 g MA/hl, de 0 p. 100 pour le schradan à 440 ou 880 g MA/hl, de 65 p. 100 pour l'isolan à 50 g MA/hl et de 15 p. 100 pour l'isolan à 100 g MA/hl, de 25 p. 100 pour le déméton à 25 g MA/hl et de 5 p. 100 pour le déméton à 50 g MA/hl.

Essai n° 2. — Les graines ont été immergées pendant 24 h dans les solutions insecticides le 22 avril 1953 ; chaque lot comprenait 100 graines ; 50 ont été semées en pleine terre et 50 en serre. L'expérience comprenait 15 lots en plus des témoins :

— Parathion en émulsion à 100, 250, 500, et 1 000 g MA/hl.
— Schradan à 500, 1 000 et 2 000 g MA/hl.
— Isolan à 100, 250, 500 et 1 000 g MA/hl.
— Déméton à 125, 250, 500 et 1 000 g MA/hl.



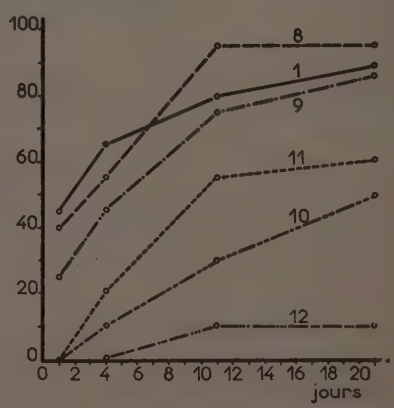


Fig. 3 (*à gauche*). — Pourcentages de germination de fèves plongées pendant 24 heures dans des solutions insecticides. Essais en plein air. — Parathion à 100 g (2), 250 (3) et 500 g MA/hl (4), Schradan à 500 (5), 1 000 (6) et 2 000 g MA/hl (7).

Fig. 4 (*à droite*). — Témoin (1), Isolan à 100 (8), 250 (9) et 500 g MA/hl (10), Déméton à 125 (11) et 250 g MA/hl (12).

Les graines des lots traités avec 1 000 g MA/hl de parathion, 1 000 g MA/hl d'isolan, 500 et 1 000 g MA/hl de déméton n'ont pas germé.

L'examen des courbes de germination (fig. 3 et 4) révèle que l'isolan à 100 g MA donne, comme dans l'expérience précédente, un pourcentage de germination supérieur au témoin ; il est inférieur à ce dernier pour tous les autres lots mais les différences sont peu marquées en ce qui concerne le parathion à 100 g MA/hl, le schradan à 500 g MA /hl et l'isolan à 250 g MA/hl.

Les premières colonies d'*A. fabae* ont été observées en plein air sur les lots témoins le 18 mai ; elles ont été dénombrées à intervalles réguliers dans les différents lots ; les chiffres mentionnés sur le tableau ci-dessous sont rapportés à 100 pieds.

TABLEAU I

Colonies dénombrées sur 100 *pieds de fèves de* 20 *à* 57 *jours après la levée* (6 *mai* 1953).

Lots	Jours après la levée						
	20	24	29	34	40	51	57
Témoin	188	226	528	1 186	2 830	2 910	4 244
Parathion :							
100 g MA/hl	102	106	222	760	2 070	2 180	3 550
250 g —	33	55	68	218	739	1 740	3 450
500 g —	22	32	54	95	152	895	1 224
Schradan :							
500 g —	0	0	8	48	52	392	1 152
1 000 g —	0	0	5	22	56	211	1 051
2 000 g —	0	0	7	28	47	165	250
Isolan :							
100 g —	0	15	25	36	195	935	1 944
250 g —	0	0	0	32	84	612	1 320
500 g —	0	0	0	31	33	324	1 760
Déméton :							
125 g —	0	8	26	172	194	1 554	1 844
250 g —	0	0	5	96	104	688	1 288

La protection a cessé à partir du 25e jour pour l'isolan à 100 g MA/hl et le déméton à 125 g MA/hl ; elle a persisté au-delà du 50e jour pour le schradan à 2 000 g MA/hl.

Des infestations artificielles ont été faites avec des *A. fabae* aptères sur les fèves en pot dont la levée a débuté le 2 mai, aux dates du 13 mai, du 27 mai et du 3 juin ; les pucerons se sont multipliés à la première infestation dans les lots traités avec le parathion aux différentes concentrations, à la seconde infestation pour les lots traités avec le schradan à 500 et 1 000 g MA/hl, l'isolan à 500 g MA/hl et le déméton à 125 g et seulement à la 3e contamination (3 juin, soit 30 jours après la levée)

avec le schradan à 2 000 g MA/hl, l'isolan à 500 g MA/hl et le déméton à 250 g MA/hl. Cette expérience confirme donc les résultats fournis par les contaminations naturelles.

B. — Essais sur planchons de betteraves.

Ces expériences ont été faites en vue de préciser si le trempage des planchons dans des solutions de substances endothérapiques n'entravait pas la croissance des planchons et assurait une protection d'une durée satisfaisante contre *A. fabae*.

Des planchons, laissés en terre pendant l'hiver, ont été arrachés le 23 avril 1952, lavés sommairement et plongés jusqu'au collet pendant 24 h dans des solutions de produits endothérapiques ou de parathion en émulsion à deux concentrations. Le diamètre moyen des planchons était de 25 mm et la quantité de liquide absorbée par 100 planchons a été de 4 250 cc. Les planchons ont été ensuite repiqués sans être lavés dans une serre froide ; des planchons en pot porteurs de colonies d'*A. fabae* ont été répartis de façon régulière entre les lots.

Le tableau ci-dessous indique la hauteur moyenne des plantes, les pourcentages de plantes commençant à monter à graines (tous les planchons utilisés sont montés à graines et les chiffres indiqués le 10 juin indiquent les pourcentages de plantes qui ont survécu au traitement) ainsi que les nombres de colonies rapportés à 100 pieds.

TABLEAU II

Traitement de planchons de betteraves par immersion des racines.

Produits essayés	Hauteur des planchons			% plantes à graines					Nombre de colonies		
	15/5	23/5	10/6	7/5	15/5	23/5	30/5	10/6	23/5	30/5	10/6
Témoin	30	53	105	25	90	96	98	100	65	77	85
Parathion 200 g MA/hl	20	37	62	0	30	50	55	60	10	15	20
— 400 g	4	6	12	0	5	12	15	15	0	12	15
Schradan 880 g	8	12	45	0	30	35	35	35	0	15	82
—	7	11	20	0	15	25	30	30	0	5	70
Isolan 200 g	27	44	97	25	90	100			0	6	30
— 400 g	18	37	80	30	75	85	90	90	0	0	20
Déméton 100 g	17	30	75	10	90	100			0	20	30
— 200 g	5	14	44	5	25	25	26	28	0	5	15

Les feuilles des planchons traités avec le parathion à 400 g MA/hl, le schradan à 880 g et 1 760 g MA/hl et le déméton à 200 g MA/hl ont eu une coloration jaunâtre jusqu'au 10 juin ; 30 à 50 p. 100 des feuilles ont été jaunâtres jusqu'à cette date pour les lots traités avec le parathion à 200 g MA/hl et le déméton à 100 g MA/hl.

La durée de la protection des plantes contre les pucerons a été d'un mois pour tous les lots à l'exception du parathion à 200 g MA/hl ; elle n'a persisté jusqu'au 37e jour que pour l'isolan à 400 g MA/hl.

C. — Essais sur tubercules de Pomme de terre et de Dahlia.

Des tubercules, porteurs de bourgeons, de Pomme de terre (var. Bintje) et de Dahlia (var. naine Rosalinde) ont été immergés le 23 avril 1952 pendant 24 h dans diverses solutions ou émulsions ; ils ont été plantés aussitôt après et sans lavage ; les pommes de terre ont été plantées en plein air, les dahlias ont été mis dans des pots et placés dans une serre froide.

A 4 000 g MA/hl, le schradan a tué les pommes de terre et les dahlias ; à 2 000 g MA/hl, il a également entraîné la mort des pommes de terre et 60 p. 100 des dahlias se sont développés mais avec un retard de près d'un mois sur le témoin et les plantes sont restées malingres. Les pommes de terre traitées avec les produits suivants n'ont pas levé : parathion en émulsion à 1 000 et 500 g de MA/hl, déméton à 500 g MA/hl. Le tableau ci-après indique le pourcentage de levées (L) et la hauteur (H) moyenne des plantes en cm.

TABLEAU III

Essais sur tubercules de Pomme de terre et de Dahlia.

Produits essayés	Pomme de terre						Dahlia					
	14/5		19/5		23/5		10/5		23/5		3/6	
	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
Témoin	100	7	100	11	100	17	100	4	100	20	100	31
Parathion 1000 g MA/hl							40	1	80	14	80	29
500							80	1	80	18	80	31
Isolan 2300			80	2	100	3	100	1	100	5	100	30
1100	30	2	100	7	100	9	60	1	100	17	100	33
Déméton 500							20	—	60	12	80	19
250	0		50	4	100	6	80	1	100	18	100	38

Un autre essai a été fait le 28 avril 1953 sur des tubercules de Dahlia ; ils ont été plongés pendant 24 h dans les solutions ou émulsions suivantes : parathion en émulsion à 1 000 et 500 g MA/hl, schradan à 1 000 g MA/hl, isolan à 2 000 et 1 000 g MA/hl, déméton à 250 g MA/hl. Chaque lot comprenait 3 tubercules ; il n'y a pas eu de levées dans les lots suivants : schradan, isolan à 2 000 g et déméton à 250 g ; 2 plantes seulement se sont développées avec l'isolan à 1 000 g et le parathion à 1 000 ou 500 g alors que les 3 plantes ont levé chez le témoin. Les tubercules ont été

plantés aussitôt après le traitement et les premiers pucerons ailés d'*A. fabae* n'ont été observés chez les témoins que le 26 juin ; le 11 juillet, il a été relevé une moyenne de 14 colonies par pied pour le témoin, de 11 pour l'isolan, de 2 pour le parathion à 1 000 g et de 3 pour le parathion à 500 g.

Des essais mentionnés dans les pages précédentes, il peut être tiré les conclusions suivantes :

Traitement des graines. — Le schradan a une grande rémanence mais son action phytotoxique est trop élevée pour que l'on puisse le recommander d'une façon générale ; son emploi peut se justifier pour des graines résistantes. Le déméton est faiblement phytocide à 50 g MA/hl mais sa rémanence est courte ; à 125-150 g, celle-ci est de près d'un mois mais l'action phytocide est élevée. Enfin, jusqu'à 250 g, l'isolan n'a pas d'effet phytocide et sa rémanence est d'environ 1 mois ; les doses d'emploi les plus recommandables se situent entre 150 et 300 g suivant les plantes.

Traitement de racines ou de tubercules. — Cette technique n'offre pas d'intérêt avec les produits utilisés en raison de l'action phytocide et de la rémanence insuffisante de ceux-ci.

II. — TRAITEMENTS PAR PULVÉRISATION OU PAR ARROSAGE

La persistance d'action des produits endothérapiques varie assez fortement suivant les insecticides, les plantes traitées et les espèces d'Aphides.

D'après Zattler (1951), elle est pour le Houblon de 1 à 4 semaines pour le schradan et de 2 à 5 semaines pour le déméton ; sur la Fève, celle du déméton est de 23 jours (Jancke 1951).

Dowdy et Sleesman (1952) ont essayé comparativement le schradan et le déméton contre *Rhopalosiphum pseudobrassicae* ; ils déclarent que le déméton a un effet plus rapide que le schradan mais que ce dernier a une plus grande rémanence.

Aux doses de 530 et 1 070 g/ha, le déméton entraîne, d'après Wene et White (1952) une destruction de 90 p. 100 des pucerons du Chou (*Brevicoryne brassicae* L.), mais dès le 14e jour, les populations commencent à augmenter. En traitement sur le Chou aux doses de 1 400 et de 2 800 g/ha de déméton, la mortalité de *B. brassicae* est de 98 p. 100 ou davantage pendant 20 à 30 jours ; elle est de 70 jours à 11 200 g MA/ha (Reynolds, Anderson et Swift 1953) ; de jeunes choux ont été arrosés avec des solutions de schradan à 1 570 et 3 360 g/ha de schradan ou 560 et 2 240 g/ha de déméton ; les plantes ont été protégées pendant 50 jours, mais 70 jours après le traitement, les populations aphidiennes,

rapportées au témoin, étaient réduites respectivement de 32 et 79 p. 100 pour le schradan, de 51 et de 85 p. 100 pour le déméton.

UNTERSTENHOFER (1953) a utilisé le déméton sur la Féverole à la dose de 300 ou de 600 g/ha ; le rendement a été d'autant plus important que le nombre des traitements a été plus élevé mais dans les parcelles traitées à 2 ou 3 reprises, la dose de 500 g a fait preuve de la même efficacité que celle de 600 g/ha.

WAY, SMITH et POTTER (1954) concluent de leurs essais sur le Haricot que la concentration optimum des pulvérisations à base de déméton en vue de la destruction d'*A. fabae* est de 0,05 p. 100.

WALRAVE (1954) a essayé le schradan et le déméton à différentes doses sur *Vicia faba* et *Phaseolus vulgaris* ; les pucerons (*A. fabae*) étant placés sur les plantes peu de temps après le traitement, il a été noté une mortalité de 85 p. 100 après un séjour d'au moins 45 h ; une augmentation de la concentration en schradan au-delà de 0,6 p. 100 n'a pas accéléré la mortalité. Une mortalité de 85 p. 100 était atteinte en 15 h avec *M. persicae* et *Aulacorthum solani* déposés sur des pommes de terre traitées avec du déméton ; une concentration supérieure à 0,1 p. 100 n'a pas accéléré la mortalité. La persistance d'àction du déméton ou du schradan a été en moyenne de 3 semaines. Sur la Pomme de terre, le déméton a donné une mortalité de 100 p. 100 sur des *M. persicae* placés sur la plante 3 semaines après le traitement.

D'après DAVID et GARDINER (1954), le déméton est aussi toxique que le paraoxon et plus toxique que le schradan et le dimefox lorsqu'il est appliqué sur le Haricot contre *A. fabae* ; c'est également le plus efficace en traitement par arrosage.

Plusieurs expériences ont été faites aux Etats-Unis en vue de la protection des pois contre le Puceron *Macrosiphum pisi* HARR. DAVITCH et APPLE (1955) ont utilisé le schradan aux doses de 280, 1 120, 4 480 et 8 960 g/ha ; l'analyse a montré que, dans tous les lots, la teneur en schradan était, 14 jours après le traitement, inférieure à 10 p. 100 de celle qui existait 2 jours après le traitement. L'efficacité du schradan était nulle à 280 g/ha et faible à 1 120 g/ha ; elle était encore excellente 14 jours après le traitement à 4 480 g et pratiquement totale à 8 960 g.

Le déméton appliqué aux doses de 560 et 1 120 g/ha sur de la Luzerne parvenue à maturité a assuré la protection de celle-ci pendant 15 jours à 3 semaines (REYNOLDS, ANDERSON et SWIFT 1953). Sur les pois, une protection a été assurée avec le déméton pendant 8 jours à 60 g/ha et 10 jours à 120 g/ha (APPLE et MARTIN 1955).

Nous examinerons successivement des expériences ayant pour but de déterminer la relation existant entre le temps nécessaire pour entraîner la mort des pucerons aptères ou ailés et celui qui s'est écoulé depuis le traitement, puis les résultats d'essais divers réalisés en plein air.

A. — Relation entre la durée de l'alimentation et la mortalité des aphides.

Essai n° 1. — Une première série d'essais a été réalisée avec des pucerons aptères ou ailés de *M. persicae* ou de *Brevicoryne brassicae* sur des feuilles coupées de Chou ; les expériences ont été commencées le 14 février 1951 et réalisées à une température moyenne de 21°. Les pucerons étaient placés sur des feuilles de Chou ayant reçu une pulvérisation 24 à 72 h auparavant ; ils étaient laissés sur ces feuilles 6, 12, 16, 24, 48 ou 72 h, puis transportés sur des feuilles non traitées.

Trois produits ont été utilisés : le parathion en suspension ou en émulsion à 10 g MA/hl et le schradan à 330 g MA/hl ; l'efficacité a été déterminée par la mortalité des adultes et le nombre des larves nées chaque jour au cours de l'essai.

Ces essais comprenaient 10 séries ; les résultats sont indiqués par les graphiques n° 5, 6 et 7 ; les traits pleins indiquent les pourcentages de survivants et les traits pointillés les nombres de larves vivantes relevés chaque jour (les larves étaient enlevées à chaque numération) ramenés à un apport initial de 100 adultes ; chaque lot comprenait 200 pucerons.

A : Schradan 330 g MA/hl ; les pucerons (aptères de *M. persicae* ou de *B. brassicae*) ont été laissés sur les feuilles traitées 24 h auparavant pendant 16 h (lot 1), 24 h (lot 2), ou 48 h (lot 3) (fig. 5 A).

B : Schradan 330 g MA/hl ; l'essai a été réalisé dans les mêmes conditions que précédemment mais il a été utilisé des formes ailées de *M. persicae* et de *B. brassicae* (fig. 5 B).

C : Schradan 330 g MA/hl ; les pucerons aptères ont été laissés pendant 24 h sur des feuilles traitées respectivement 6 h (lot 1), 24 h (lot 2), 48 h (lot 3) et 72 h (lot 4) auparavant, ils ont été transportés ensuite sur des feuilles non traitées (fig. 5 C).

D : Schradan 330 g MA/hl ; même essai que C mais il a été utilisé des formes ailées de *M. persicae* (fig. 6 D).

E : Parathion émulsion 10 g MA/hl. Les pucerons aptères ont été déposés sur les feuilles 24 h après le traitement pendant 2 h (lot 1), 4 h (lot 2), ou 6 h (lot 3) puis transportés sur des feuilles non traitées (fig. 6 E).

F : Parathion émulsion 10 g MA/hl ; même essai que E mais réalisé avec des formes ailées de *M. persicae* (fig. 6 F).

G : Parathion émulsion 10 g MA/hl : pucerons aptères ; même expérience que A (fig. 7 G).

H : Parathion émulsion 10 g MA/hl : pucerons ailés ; même expérience que B (fig. 6 H).

I : Parathion émulsion 10 g MA/hl : pucerons aptères ; même expérience que C (fig. 7 I).

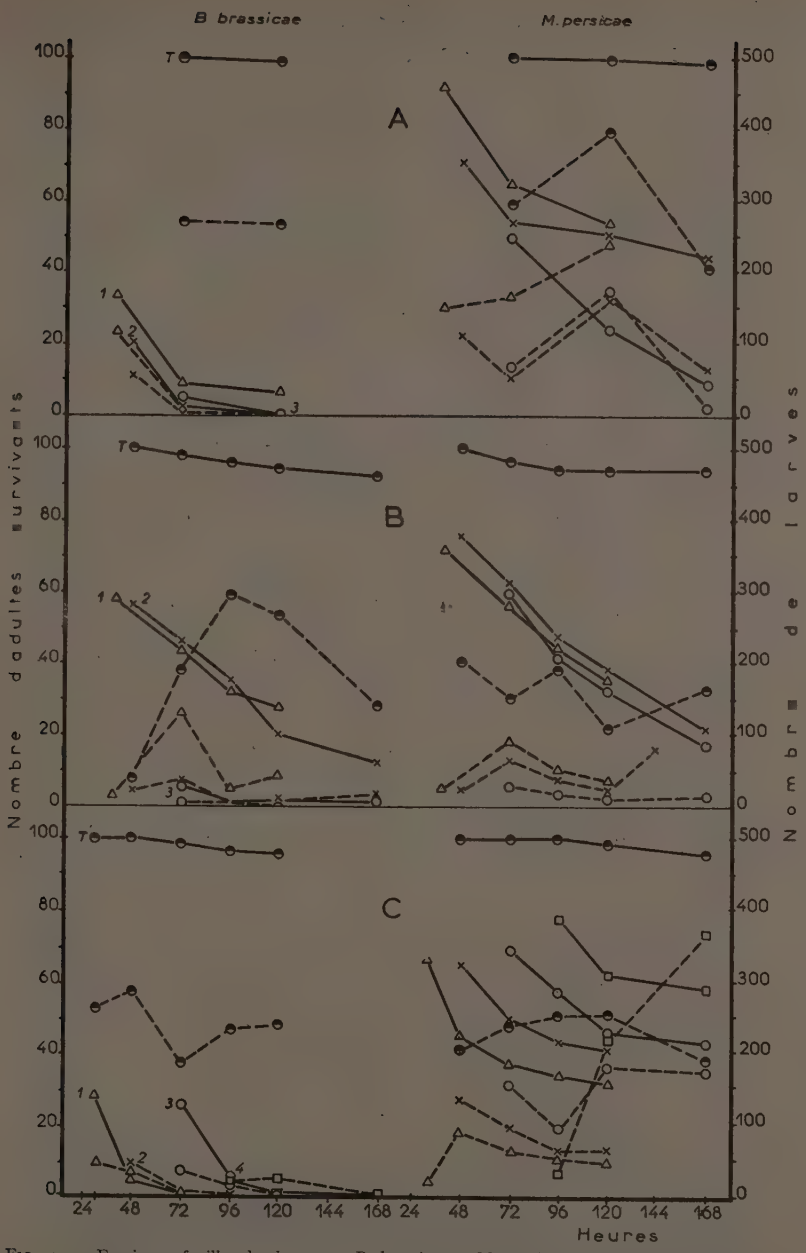


FIG. 5. — Essais sur feuilles de chou avec *B. brassicae* et *M. persicae* ; pourcentages d'adultes survivants (en traits pleins) et nombre de larves vivantes (en pointillé) (voir légende à la fig. 6), traitement avec le Schradan à 330 g MA/hl. A : Essais sur pucerons aptères. — B : Essais sur pucerons ailés ; les pucerons étant laissés sur les feuilles traitées 24 heures auparavant pendant 16 heures (lot 1), 24 heures (lot 2), 48 heures (lot 3) — Témoin = T ; C = pucerons aptères, les pucerons ont été laissés pendant 24 heures sur des feuilles traitées 6 heures (lot 1), 24 heures (lot 2), 48 heures (lot 3) et 72 heures (lot 4) auparavant.

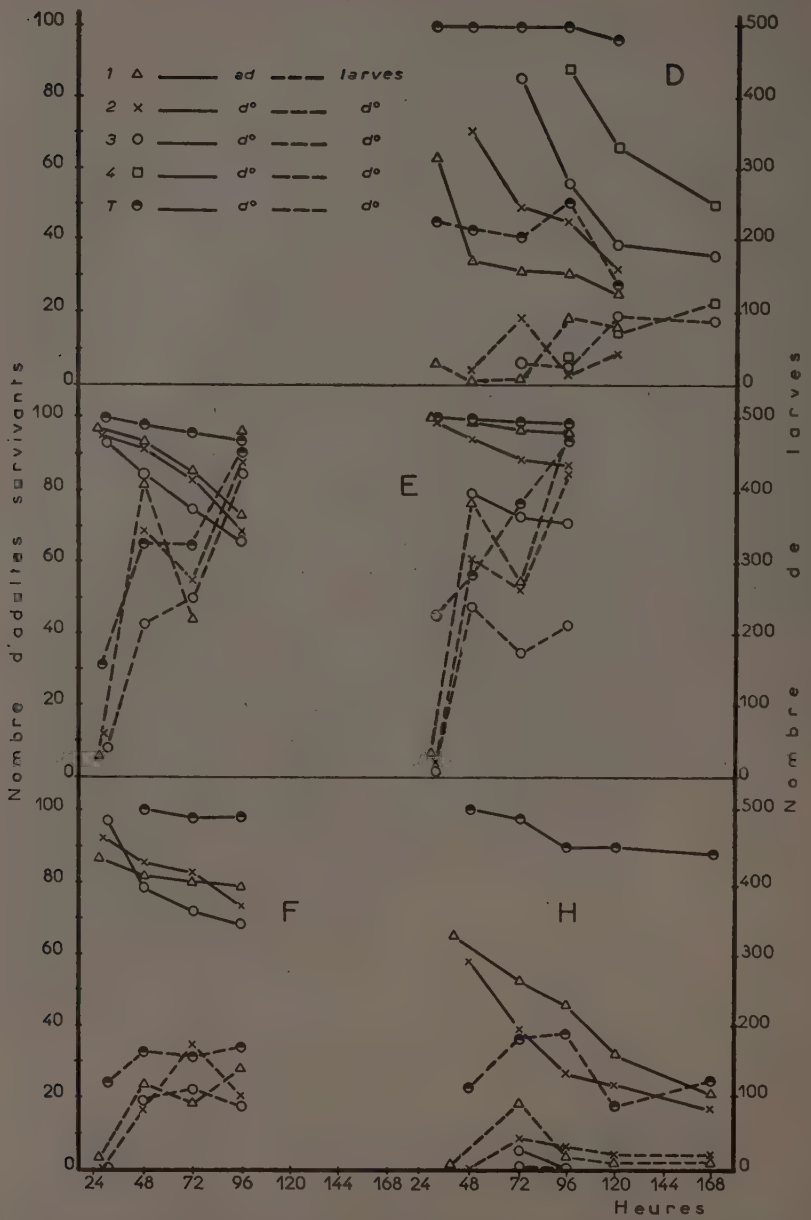


FIG. 6. — D — Essai avec le Schradan à 330 g MA/hl sur des *M. persicae* ailés. E — Parathion à 10 g MA/hl sur *B. brassicae* aptère (à gauche) et et *M. persicae* aptère (à droite). F — Parathion à 10 g MA/hl sur des *M. persicae* ailés. H — Parathion à 10 g MA/hl sur des *M. persicae* ailés.

J : Parathion émulsion 10 g MA/hl : pucerons ailés ; même expérience que D (fig. 7 J).

L'examen des graphiques montre que *B. brassicae* est plus sensible au schradan que *M. persicae* ; la mortalité des ailés est comparable ou inférieure à celle des aptères.

En transportant des pucerons sur les feuilles traitées 6, 24, 48, ou 72 h auparavant, on constate que le pourcentage de mortalité diminue et que la fécondité augmente avec le temps (lots C-D).

Avec le parathion en émulsion, on constate que la sensibilité des deux espèces est sensiblement la même. Le maintien des *Myzodes* pendant 6 h sur une feuille traitée depuis 24 h n'entraîne qu'une mortalité de 29 p. 100 ; il faut que l'Insecte soit au contact de l'insecticide pendant 48 h pour avoir une mortalité voisine de 100 p. 100. Un séjour de 24 h des *Myzodes* ailés sur une feuille traitée depuis 24 h entraîne une mortalité de 42 p. 100, 24 h après le traitement et de 14 p. 100 le 3e jour après le traitement.

Essai n° 2. — Cette expérience a été faite sur des pommes de terre en pot (var. Bintje) cultivées en serre, qui avaient une hauteur moyenne de 25 cm ; les pulvérisations ont été faites le 6 mai 1952 à la dose de 1 500 l/ha. L'essai comprenait 5 lots : A, témoin ; B, parathion en émulsion à 200 g/ha ; C, schradan à 750 g/ha ; D, isolan à 300 g/ha ; E, déméton à 300 g/ha.

48 h après le traitement, des aptères adultes de *M. persicae* ont été placés sur les plantes traitées pendant une heure puis transportés sur des feuilles de Chou coupées ; il a été dénombré les morts 24, 48 et 96 h après le transfert des adultes ainsi que le nombre des larves produites à la fin du 3e jour.

TABLEAU IV

Pourcentages de mortalité de M. persicae *aptère après un séjour de* 1 *heure.*

Mortalité au bout de	Témoin	Parathion 200 g/ha	Schradan 750 g/ha	Isolan 300 g/ha	Déméton 300 g/ha
24 h	0	55	25	25	5
48 h	0	75	30	30	5
96 h	0	80	45	30	10
Nombre de larves à 96 h	1095	85	955	865	1100

Des *M. persicae* aptères ou ailés élevés sur des feuilles de Chou ont été laissés sans nourriture pendant 5 h pour les aptères et 24 h pour les ailés ; ils ont été ensuite placés pendant 24 h sur les pommes de terre traitées puis transportés sur des feuilles de Chou et il a été dénombré les pucerons vivants ainsi que les larves produites 24, 48, et 96 h plus tard.

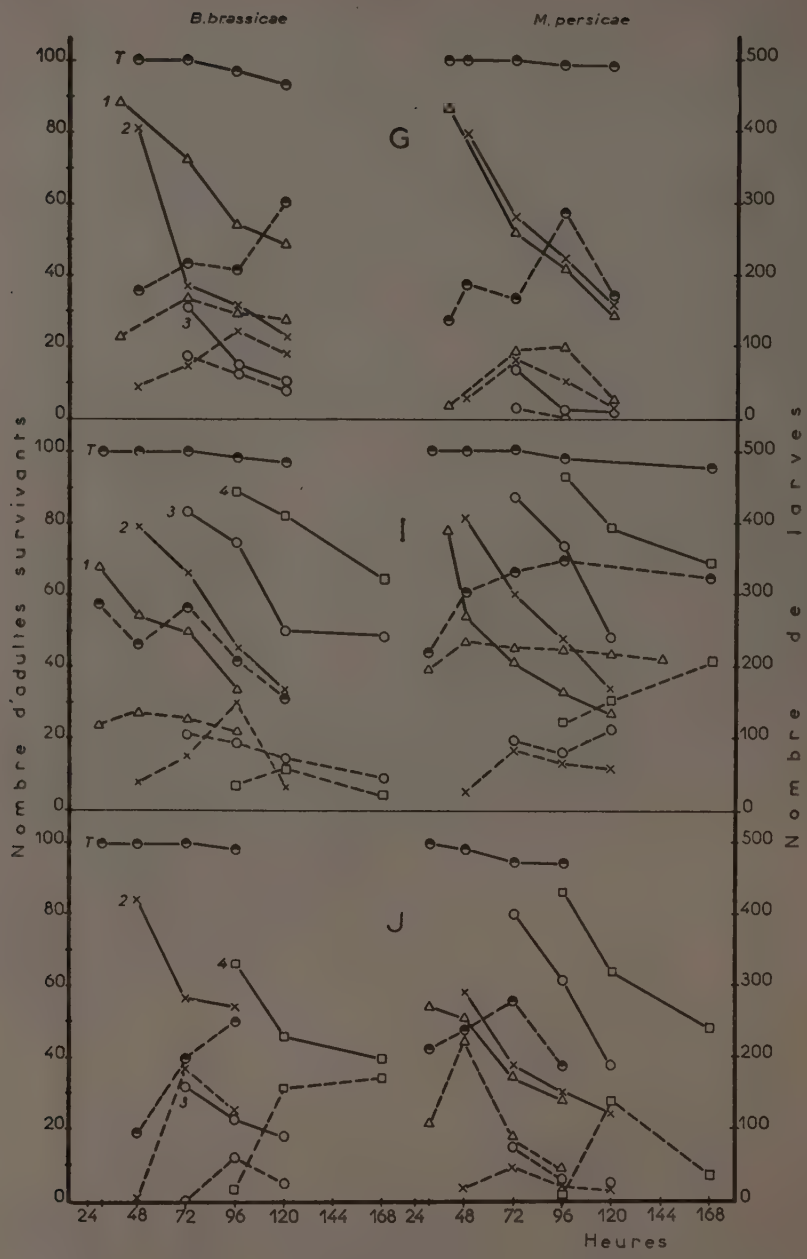


Fig. 7. — Essai avec le parathion à 10 g MA/hl. G — aptères, I — aptères, J — ailés.

Ces essais ont été faits le 6e , le 13e, le 14e et le 17e jours après le traitement.

TABLEAU V

Persistance d'action des insecticides essayés, les pucerons (M. persicae) *étant laissés 24 h sur les plantes traitées.*

Nombre de jours après le traitement	Forme des pucerons	Dates des dénombrements	Témoin		Parathion 200 g/ha		Schradan 750 g/ha		Isolan 300 g/ha		Déméton 300 g/ha	
			mort	I	mort	I	mort	I	mort	I	mort	I
J + 6....	Aptères	24	10	265	92	21	48	84	32	290	46	180
		48	12	535	92	24	56	248	42	460	68	90
		96	20	1 030	93	28	59	420	62	625	88	105
J + 13...	Aptères	24	18	206	66	92	24	294	32	120	24	80
		48	22	732	72	207	38	519	48	580	36	110
		96	22	978	78	234	40	927	54	720	42	210
J + 14...	Ailés	24	25	110	92	0	88	4	54	66	91	12
		48	30	334	98	0	100		60	128	93	20
		96	38	460	98	0			62	289	93	26
J + 17...	Aptères	24	14	552	12	524	22	298	22	482	22	216
		48	18	760	16	758	22	596	22	684	32	320
		96	20	1 160	20	1 120	24	868	26	1 010	38	458

Dans les conditions expérimentales mentionnées précédemment, c'est-à-dire de plantes qui ne sont pas exposées aux intempéries ni à l'insolation directe, le parathion a été plus efficace que les produits endothérapiques jusqu'au 15e jour mais il n'a plus eu aucune action le 17e jour. L'action insecticide des divers produits endothérapiques a été constamment faible ; cela pouvait être dû à une concentration insuffisante des pulvérisations en matière active. Les pucerons ailés ont été plus sensibles que les pucerons aptères, notamment avec le déméton.

Essai n° 3. — Cette expérience a été faite sur des pommes de terre en pot (var. Ackersegen) cultivées en serre qui avaient une hauteur moyenne de 30 cm et 5-6 rameaux bien développés.

Le traitement a été fait le 1er juin 1953 à la dose de 1 000 l/ha ; l'expérience comprenait 4 lots de 10 pots et les plantes ont été maintenues en serre jusqu'à la fin de l'expérience : A, témoin ; B, déméton à 400 g MA/ha , C, déméton à 800 g MA/ha ; D, parathion à 200 g MA/ha (mélange de parathion en suspension à 10 g/hl et d'un oléoparathion renfermant 78 p. 100 d'huile blanche et 3 p. 100 de parathion dans la proportion de 10 g de parathion par hl).

La rapidité d'action des insecticides essayés a été déterminée de la manière suivante : des rameaux de Pomme de terre traités ont été coupés à des dates échelonnées et placés dans des cagettes ; des *M. persicae* aptères ou ailés ont été déposés pendant 2 h (le 4e jour après le traitement) ou 6 h (le 5e jour après le traitement) puis transportés sur des feuilles de Chou coupées et non traités.

TABLEAU VI

Rapidité d'action du déméton et du parathion — Coefficients d'efficacité.

Dates début exp.	Dates obs.	Déméton 400 g/ha	Déméton 800 g/ha	Parathion 200 g/ha
J + 4	5/6	23	36	16
Contact 2 h	6/6	50	68	82
Aptères	8/6	54	76	96
	9/6	58	79	97
J + 5	6/6	36	69	56
Contact 6 h	8/6	59	82	89
Aptères	9/6	74	85	93
	10/6	79	87	99

Pour préciser la persistance d'action, des pucerons ont été placés dans des sachets de cellophane disposés autour des rameaux non coupés de la Pomme de terre et laissés en place pendant 3 ou 4 jours ; le tableau ci-dessous indique les résultats de cet essai exprimés d'après la formule d'ABBOTT.

TABLEAU VII

Persistance d'action du déméton et du parathion — Coefficients d'efficacité.

Dates début exp.	Dates obs.	déméton 400 g/ha	déméton 800 g/ha	parathion 200 g/ha
J + 8 (9/6)	11/6	72	85	100
Ailés	13/6	100	100	
J + 15 (17/6)	19/6	23	42	8
Aptères	20/6	48	59	10
J + 23 (24/6)	25/6	15	22	0
Aptères	27/6	38	46	2

Cette expérience montre, que dans les 8 jours qui suivent le traitement, à une température moyenne de 22° et en l'absence de précipitations, le parathion a une action plus rapide que le déméton, et une efficacité identique. Dans les mêmes conditions expérimentales, l'efficacité du déméton diminue rapidement et est insuffisante dès le 15e jour alors que celle du parathion est pratiquement nulle.

B. — Essais en pulvérisation

J'indiquerai dans les pages suivantes plusieurs essais réalisés sur diverses plantes et sur des surfaces allant de quelques m² à plusieurs ha. Cette énumération de chiffres peut paraître fastidieuse et, dans une certaine mesure, inutile. Mais les essais en plein air sont toujours réalisés dans des conditions différentes les unes des autres et ils constituent presque tous, en fait, des cas particuliers ; des conclusions

satisfaisantes ne peuvent donc être faites qu'à la condition de s'appuyer sur plusieurs expériences réalisées sur des plantes très différentes, à diverses époques de l'année et contre quelques espèces d'Aphides ; cela s'avère particulièrement nécessaire dans le cas présent en raison de l'engouement qu'a provoqué l'utilisation des insecticides endothérapiques en vue de la protection des plantes contre les maladies à virus.

Essais sur légumineuses

Une expérience a été faite sur une petite parcelle de Fèves semée le 22 mars 1951. Quelques petites colonies d'*Aphis fabae* ont été notées à partir du 21 mai. Les traitements ont été faits le 4 juin avec du schradan à 220 g/hl ou du parathion en émulsion à 15 g/hl et à très forte dose (4 500 l/ha). Il a été relevé le nombre des pucerons (adultes et larves) ainsi que celui des larves de syrphes ; les chiffres ci-dessous sont rapportés à 100 pieds.

Tableau VIII

*Essai sur Fèves. Nombres d'*A. fabae *et de larves de syrphes.*

Pfoduits essayés	Jours après le traitement				
	2	8	15	23	30
Témoin					
pucerons	6530	7480	9500	1340	240
syrphes	120	110	63	12	0
Parathion 675 g/ha					
pucerons	0	3580	3340	21	0
syrphes	0	72	42	0	0
Scharadan 9.900 g/ha					
pucerons	0	0	350	214	0
syrphes			32	0	0

Un autre essai sur Fèves a eu lieu le 21 mai 1953 ; la température était de 18° au moment de la pulvérisation qui a été faite à 1 000 l/ha ; les précipitations ont été insignifiantes durant le mois suivant (2,7 mm le 28 mai, 0,8 le 31 mai, 12,2 du 1er au 15 juin ce qui a permis une forte multiplication des pucerons ; le tableau suivant mentionne le nombre de colonies ramené à 100 pieds.

Pour les deux essais, il avait été retenu des doses très supérieures aux doses normales en ce qui concerne le parathion et le schradan pour le premier essai, le schradan et le déméton pour le deuxième essai afin de voir si un apport très élevé d'insecticide permettait d'éviter l'infestation par *A. fabae* durant toute la végétation de la Fève. Une autre parcelle d'essais avait été faite à proximité de la précédente et comprenait 3 lots : témoin, déméton à 400 g/ha, traitement le 21 mai, et déméton à 400 g/ha, 1er traitement le 21 mai et 2e traitement le 6 juin ; les nombres des colonies relevés dans cet essai ont sensiblement été les mêmes que ceux

de l'essai précédent pour le lot témoin ; le lot traité à 400 g/ha avait à peu près le même nombre de colonies que le lot à 1 250 g/ha ; quant au lot traité à 2 reprises à 400 g/ha, la population aphidienne était intermédiaire entre celles notées dans les lots à 1 250 et 2500 g/ha.

TABLEAU IX

*Essai sur Fève — Nombre de colonies d'*A. fabae.

Produits essayés	Jours après le traitement — Nombre de colonies					
	6 j	12	19	26	34	42
Témoin	50	116	248	383	372	340
Parathion 200 g/ha ...	0	0	0	6	29	25
Schradan 5000 g/ha ...	0	0	0	1	74	25
Isolan 200 g/ha ...	0	0	0	2	18	22
Déméton						
1 250 g/ha	0	0	0	2	76	62
2 500 g/ha	0	0	1	4	26	24
5000 g/ha	0	0	0	2	13	15

La comparaison des essais mentionnés aux tableaux nº VIII et IX montre également que suivant la date du traitement et l'importance de l'infestation, on peut obtenir des résultats très différents. Le traitement du 4 juin 1951 semble avoir été peu satisfaisant tant pour le parathion que pour le schradan, la durée de la protection ayant été respectivement inférieure à 8 et à 15 jours alors qu'elle a été de 25 jours pour ces deux produits utilisés à des doses plus faibles mais appliqués le 21 mai. Les notations faites sur les lots témoins en 1951 donnent les nombres suivants d'ailés ou de nymphes pour 100 pieds : 2e jour après le traitement (6 juin) : 80 ; 8e jour : 390 ; 15e jour : 1 470 ; 23e jour : 360 ; 30e jour (2 juillet) : 6. En 1953, la courbe représentative du nombre des ailés avait sensiblement la même forme qu'en 1951, le maximum des ailés étant noté le 19 juin, soit le 30e jour après le traitement ce qui explique que, dans tous les lots, y compris celui du parathion où l'insecticide avait totalement disparu depuis plus de 15 jours, la contamination n'a commencé que le 30e jour.

Il résulte de ces essais que les doses optima d'insecticides à utiliser sont de 200 g/ha pour le parathion, de 2 500 g pour le schradan et de 400 g pour le déméton. La date du traitement sera choisie d'après la nature et l'importance des plantes-hôtes primaires et secondaires (voir conclusions).

Ceci montre que le traitement des cultures de Fèves contre *A. fabae* avec des produits endothérapiques devra être appliqué à des dates différentes suivant les conditions de milieu. Dans le cas où il existe dans le voisinage de nombreuses plantes-hôtes d'hiver (assurant une forte invasion primaire (*Euonymus, Viburnum, Philadelphus*) il sera avantageux

de traiter relativement tôt c'est-à-dire au moment où les *fundatrigeniae alatae* les plus précoces venant des plantes-hôtes primaires ont terminé leur ponte, ce qui situera le traitement au moment du vol maximum. S'il existe peu de plantes-hôtes primaires, mais que la culture à protéger est entourée d'autres champs de plantes permettant le développement des *A. fabae* (autres cultures de fèves, betteraves, etc.), les contaminations secondaires par les virginipares ailés venant de ces cultures seront plus dangereuses que les contaminations primaires. Si le traitement est fait précocement, les plantes ne renfermeront plus suffisamment d'insecticide endothérapique pour être protégées et la contamination sera forte, ce qui nécessitera un second traitement ; il vaut donc mieux dans ce cas faire un seul traitement, mais plus tardif, qui aura lieu au moment de l'arrivée des premiers virginipares ailés.

Essais sur crucifères

J'ai effectué des essais à 1 200 l/ha sur le Chou et le Colza avec le parathion en suspension à 180 g/ha, et le schradan à 400 g/ha ; le traitement a été fait le 29 juin 1951 et des infestations artificielles ont été faites le 30 juin (25 *M. persicae* et 25 *B. brassicae* par plante), le 3 juillet (20 *M. persicae* et 20 *B. brassicae* par plante) et le 20 juillet (10 *M. persicae* et 10 *B. brassicae* par plante). Les numérations ci-dessous sont rapportées à 100 pieds.

Tableau X

Essai sur Colza et sur Chou.

Espèces de pucerons	Produits essayés	Jours après le traitement							
		Colza				Chou			
		4	7	21	26	4	7	21	26
M. persicae	Témoin	4930	5670	18 120	5260	2640	3230	4960	5960
	Parathion 180 g/ha	0	190	2070	1107	0	0	1380	4770
	Schradan 400 g/ha.	0	0	1680	1660	120	310	470	1910
B. brassicae	Témoin	2850	4360	9680	1980	3960	4280	7760	10 220
	Parathion 180 g/ha	0	0	640	1950	0	0	610	2180
	Schradan 400 g/ha.	0	0	210	0	0	0	0	21

Ces essais confirment ce qui avait déjà été signalé précédemment : le schradan est beaucoup plus actif contre *B. brassicae* que contre *M. persicae*.

C. — Traitement par arrosage du sol.

J'ai relaté dans un autre travail (1951) des essais de protection des plantes par arrosage en comparaison avec des pulvérisations sur le feuillage ; les expériences avaient été faites avec du séléniate de soude et du schradan en comparaison avec le parathion ; l'arrosage avec une solution à 0,33 p. 100 de schradan a assuré une bonne protection contre *M. persicae* et *B. brassicae* jusqu'au 25-30e jour mais elle est devenue insuffisante au-delà du 30e jour.

Une série d'essais a été faite le 19 mai 1951 : des pommes de terre, des radis et des choux cultivés en pots de 25 cm de diamètre ont été traités avec du schradan en solution à 220 g/hl employé en arrosage à la dose de 100 cl par pot ou en pulvérisation à 1 500 l/ha. Des infections artificielles ont été faites le 7 et le 15 juin, soit 20 et 28 jours après le traitement, le 28e jour seulement pour les témoins, avec 20 *B. brassicae* et 20 *M. persicae* aptères par pied sur les radis et les choux et avec 20 *M. persicae* sur les pommes de terre.

La croissance des plantes ayant reçu l'arrosage a été ralentie et le feuillage a légèrement jauni. Des numérations de pucerons (adultes et larves) ont été faites 21, 24, 32 et 35 jours après le traitement et sont rapportées à 100 pieds dans le tableau ci-après.

Tableau XI

Essais comparatifs avec le schradan utilisé en arrosage ou en pulvérisation.

Plantes	Nature des essais	*M. Persicae*				*B. brassicae*			
		21 j	24 j	32 j	35 j	21 j	24 j	32 j	35 j
Pomme de terre	Témoin			484	190				
	Pulvérisation	5	0	25	0				
	Arrosage	5	0	5	0				
Radis	Témoin			165	205			195	185
	Pulvérisation	115	0	175	195	0	0	20	0
	Arrosage	10	0	200	175	5	5	61	0
Chou	Témoin			892	760			375	395
	Pulvérisation	262	315	905	880	151	220	525	435
	Arrosage	85	140	495	140	125	30	20	300

Une autre expérience a été commencée le 30 août 1951 sur des choux en pots qui ont été traités en arrosage ou en pulvérisation avec du parathion en émulsion à 15 g MA /hl ou du schradan à 220 g MA/hl ; les pulvérisations ont été faites à la dose de 1 500 l/ha et les arrosages à raison de 100 cc par pot de 18 cm de diamètre.

Ces essais ont montré que *B. brassicae* est beaucoup plus sensible que *M. persicae* vis-à-vis des deux insecticides employés, qu'ils soient utilisés en pulvérisation ou en arrosage. L'arrosage avec du parathion en émulsion ne présente aucun intérêt.

En ce qui concerne le schradan, l'arrosage donne des résultats généralement inférieurs à la pulvérisation bien que la quantité de matière active utilisée à l'hectare soit beaucoup plus élevée. La persistance d'action du schradan utilisé en pulvérisation varie suivant les plantes utilisées ; dans l'essai effectué au printemps, elle a été beaucoup plus grande pour la Pomme de terre et le Radis que pour le Chou. Elle diffère également suivant la vitesse de croissance de la plante ; la rémanence a été plus longue à l'automne sur des choux à croissance ralentie qu'au printemps où les choux se développaient rapidement ; il est à noter cependant que, dans les cultures en serre, les *M. persicae* et les *B. brassicae* ne se portent pas d'une façon marquée sur les jeunes feuilles et restent dispersés uniformément sur toutes les feuilles.

J'ai effectué divers essais avec du parathion en poudre en comparaison avec le même insecticide appliqué en arrosage ; sous la forme de poudre, le parathion a une action phytocide faible et assure une bonne protection pendant plusieurs semaines mais les résultats varient assez fortement suivant les plantes car ils sont liés à l'absorption d'une plus ou moins grande quantité de matière active par les racines : les résultats sont d'autant plus homogènes que la répartition de l'insecticide dans la terre est plus régulière. Les feuilles âgées de pommes de terre plantées dans des pots dont la terre renfermait 0,05 p. 100 de parathion n'ont pas été infestées par les pucerons pendant 3 à 5 semaines mais les jeunes feuilles étaient fortement infestées : sur ces dernières, la mortalité n'était que de 8-12 p. 100. Il est vraisemblable que des produits endothérapiques utilisés en poudre donneraient de meilleurs résultats mais ce traitement est très coûteux et il est toujours à craindre qu'il entraîne des troubles végétatifs.

III. — PROTECTION DE LA BETTERAVE CONTRE LA JAUNISSE

A. — Fluctuations des populations aphidiennes et déplacements des ailés.

La transmission de la Jaunisse de la Betterave (*Corium betae* HOLMES, *Beta virus* 4 ROLAND et QUANJER) a été réalisée pour la première fois par VERPLANCKE (1934) ; plusieurs espèces de pucerons peuvent transmettre le virus de la Jaunisse (BORNER 1952, STEUDEL et HEILING 1954) :

— *Myzodes* (*Myzus*) *persicae* SULZER. (VERPLANCKE 1934, RIEMSDIJK 1935.)

— *Aphis* (*Doralis*) *fabae* SCOP. (VERPLANCKE 1934, RIEMSDIJK 1935.)

— *Macrosiphum solanifolii* ASHM. (*gei* KOCH, *euphorbiae* HOTT. et FRIES), ROLAND 1939.

— *Dysaulacorthum vincae* WALK (*Aulacorthum solani* H. R. L. part.) (VERPLANCKE 1934.)

— *Medoralis nasturtii* KALT (*Aphis* (*Doralis*) *rhamni* KOCH (HARTSNIJKER 1952).

— *Rhopalosiphoninus latysiphon* (DAVIDS.) (HARTSNIJKER 1952).

— *Myzotoxoptera tulipaella* THEOB. (*Hyperomyzus staphyleae* KOCH) HULL 1951, HARTSNIJKER 1952, MARTINI 1953).

— *Rhopalomyzus* (*Myzus*) *ascalonicus* Doncaster (DONCASTER et KASSANIS 1946).

— *Neomyzus circumflexus* BUCKT. (HEINZE 1951.)

— *Acyrthosiphum onobrychis* BOYER (*Macrosiphum pisi* KALT.) (STEUDEL et HEILING 1954).

— *Hayhurstia* (*Brachycolus, Hyalopterus*) *atriplicis L.*) (HEINZE 1950).

Il est à noter que *M. nasturtii*, *N. circumflexus* et *A. onobrychis* ont été trouvés exceptionnellement sur *Beta vulgaris* dans les conditions naturelles ; ces espèces ne présentent donc aucun intérêt pratique en ce qui concerne la transmission de la Jaunisse.

Le rôle de *D. vincae* WALK, de *R. latysiphon*, de *R. ascalonicus* et de *H. atriplicis* est extrêmement réduit. *M. tulipaella* THEOB. se trouve parfois, mais rarement en grande abondance, dans les silos de betteraves et il peut donc assurer une contamination précoce au début du printemps. Il ne semble pas que *M. solanifolii* soit un vecteur important ; il est possible cependant, qu'au moment de la maturité des pommes de terre, il y ait une migration temporaire sur les champs de betteraves du voisinage.

Les avis sont assez partagés en ce qui concerne l'importance relative de *M. persicae* et d'*A. fabae*. *M. persicae* est, sans conteste, un vecteur beaucoup plus actif qu'*A. fabae*. Un seul *M. persicae*, après s'être nourri sur une plante malade transmet le virus dans plus de 50 p. 100 des cas ; de très jeunes larves de *M. persicae* transmettent le virus aussi facilement que les adultes. Le temps minimum de séjour d'un *M. persicae* sur une plante malade pour devenir infectieux varie de 10 minutes à 1 heure mais le pourcentage de contamination n'est très élevé qu'après un séjour de 24 heures sur une plante malade et un séjour de 24 heures sur la plante à contaminer.

La Jaunisse appartient à la catégorie des virus persistants ; la durée de la période d'incubation est, pour *M. persicae* de quelques minutes d'après WATSON (1940) ; il n'y en a pas, d'après HIJNER (1951).

A. fabae transmet plus difficilement la Jaunisse que *M. persicae* et les plantes contaminées par la première espèce présentent des symptômes moins graves que celles qui ont été infectées par l'intermédiaire de *M. persicae* ; diverses hypothèses ont été émises pour expliquer ce fait ; par ailleurs, il existe, suivant les régions, des « races » de virus plus ou moins actives.

La durée de la période minimum d'incubation de la Jaunisse dans la Betterave pour une race d'activité moyenne varie de 10 à 26 jours lorsque la transmission est assurée par *M. persicae* et de 12 à 50 jours lorsqu'elle est produite par *A. fabae* (HIJNER 1951, STEUDEL et HEILING 1954).

En Angleterre (WATSON, HULL, BLENCOWE et HAMLYN 1951), en Suède (BJORLING 1949),en Allemagne (STEUDEL et HEILING 1954) *M. persicae* est considéré comme étant beaucoup plus important qu'*A. fabae* ; au contraire, en Belgique (ERNOULD 1951), en Tchécoslovaquie (DRACHOVSKA-SIMANOVA, 1952) et en Autriche (WENZL et LONSKY 1953), *A. fabae* est considéré comme plus nuisible que *M. persicae.*

Diverses plantes sauvages peuvent héberger le virus ; ROLAND (1939) mentionne l'Epinard, la Bette, *Chenopodium album, C. purpureum, Amaranthus retroflexus, Atriplex hortensis, Atriplex sibirica*, SCHLOSSER (1952), WENZL et LONSKY (1953) citent *Capsella bursa-pastoris, Thlaspi arvense, Senecio vulgaris, Stellaria media, Plantago major.* Récemment, ZIMMER (1956) a donné une liste détaillée des plantes permettant le développement de ce virus.

D'après GREGORY et READ (1949) la distance à laquelle les pucerons ailés peuvent transmettre le virus à partir d'une source d'infection est en pratique de 6 km ; d'après DICKSON et ses collaborateurs (1949), elle ne paraît pas excéder 8 km. Les pucerons ailés ne peuvent se déplacer contre le vent ayant une vitesse supérieure à 2,400 km à l'heure (KENNEDY 1950).

JOHNSON (1950) conclut de ses expériences sur *A. fabae* SCOP. que les déplacements des émigrants se font en partie suivant la direction des vents dominants mais que d'autres facteurs interviennent au cours de la migration : les mouvements des Insectes dans le champ après leur arrivée, les parasites et les prédateurs, les conditions climatiques locales.

Cependant, d'une façon générale, les déplacements des pucerons paraissent se faire principalement suivant les vents dominants ainsi que cela a été constaté en Hollande (DE HAAN 1939, HIJNER 1951).

Observations faites dans la région parisienne. — Une question importante à préciser est celle des dates d'arrivée sur les plantes cultivées des pucerons ailés provenant des plantes-hôtes primaires ou secondaires, du départ des virginipares ailés qui se sont développés sur les plantes cultivées et qui sont donc infectieux pour la plupart, et des sexupares qui retournent sur les plantes-hôtes primaires mais qui peuvent inoculer les virus au cours de leur déplacement.

Des numérations ont été faites à intervalles réguliers sur des porte-graines de betteraves, des betteraves-racines et des pommes de terre au Centre National de Recherches Agronomiques de Versailles.

Dans la région parisienne, *M. persicae* dépose ses œufs d'hiver sur le Pêcher ; les fondatrices deviennent adultes dans la seconde quinzaine du

mois d'avril. Elles engendrent des pucerons aptères qui donnent naissance à des pucerons aptères ainsi qu'à des pucerons ailés ; ceux-ci abandonnent la plante-hôte primaire pour se porter sur des plantes annuelles ou bisannuelles les plus diverses (plantes-hôtes secondaires) ; les pucerons aptères de la troisième génération produisent quelques aptères et un grand nombre d'ailés de sorte que la migration est terminée entre le 15 mai et le 10 juin suivant les années. *M. persicae* peut hiverner également sous la forme de virginipares aptères ou ailés sur le Chou, le Colza et l'Epinard à la condition que la température ne descende pas au-dessous de — 15° ; dès la fin de l'hiver, ces pucerons se multiplient activement et produisent au printemps un grand nombre d'ailés qui se portent sur d'autres plantes-hôtes secondaires (BONNEMAISON 1951).

Les œufs d'hiver du Puceron noir de la Fève (*A. fabae* SCOP.) sont pondus sur le Fusain d'Europe *Viburnum opulus* et *Philadelphus coronarius*. La migration vers les plantes-hôtes secondaires débute au cours de la troisième décade du mois d'avril.

Les émigrants de *M. persicae* et d'*A. fabae* donnent exclusivement naissance à des virginipares aptères sur les diverses plantes-hôtes secondaires qui leur conviennent.

Les premiers émigrants de *M. persicae* apparaissent lorsque la levée de la plupart des variétés de pommes de terre n'a pas encore eu lieu ; les larves sont alors déposées sur un grand nombre de plantes sauvages ou cultivées. Les émigrants d'*A. fabae* se reproduisent sur des Chénopodiacées sauvages, les porte-graines et les betteraves-racines, les fèves, féveroles, etc.

La descendance de ces émigrants, constitue le point de départ de colonies qui se développent considérablement au cours du mois de mai ; les pucerons se trouvent en contact étroit les uns avec les autres et « l'effet de groupe » (BONNEMAISON 1949) entraîne la production d'un pourcentage élevé d'ailés qui vont se disséminer principalement sur les plantes cultivées. Les ailés qui sont nés sur des plantes porteuses de virus (pommes de terre et planchons pour *M. persicae*, planchons pour *A. fabae*) transmettront alors les virus dans les cultures. Ces ailés vont produire des aptères qui seront pour la plupart infectieux ; l'importance numérique de leur descendance sera conditionnée par les facteurs climatiques et les agents biotiques (prédateurs et parasites) du moment (BONNEMAISON 1948). L'effet de groupe pourra amener la naissance de pucerons ailés qui assureront une nouvelle dissémination des virus ; à cette période de l'année, qui se situe en juin et juillet suivant les espèces et les conditions climatiques de l'année, peut se superposer l'action de la maturité de la plante qui constitue également un facteur favorable à la production des formes ailées.

Les périodes de vol diffèrent beaucoup suivant les espèces de pucerons, les plantes-hôtes et les conditions locales ; d'une façon générale, les

pucerons qui vivent en colonies groupées (*A. fabae*) sont détruits par les parasites et surtout les prédateurs dans une proportion beaucoup plus élevée que les espèces qui se disséminent sur toute la surface d'une plante (*M. persicae*, *M. solanifolii*, etc.) ; les espèces du premier groupe présenteront par conséquent des fluctuations numériques, et, par suite de l'effet de groupe, des variations de la proportion des ailés beaucoup plus marquée que les espèces du second groupe (BONNEMAISON 1951).

Observations faites en 1947. — Les numérations ont été faites en parallèle sur des pieds de Pomme de terre (variété Bintje) et des porte-graines de Betterave.

L'examen du tableau XII montre que la population d'*A. fabae* a augmenté très rapidement à la fin du mois de mai et au début de juin ; les ailés sont apparus dès le 8 juin et la seconde période de vol a été particulièrement accusée entre le 15 et le 30 juin. Par la suite, le nombre des pucerons et le pourcentage des ailés ont diminué brusquement sous l'action des parasites et des prédateurs.

TABLEAU XII

Nombre moyen de pucerons et proportion d'ailés par pied de pomme de terre ou de porte-graines de betteraves. Versailles 1947.

Dates des observations	Pommes de terre		Porte-graines			
	M. persicae		*M. persicae*		*A. fabae*	
	Nombre	% ailés	Nombre	% ailés	Nombre	% ailés
15 Mai			0,1 (1)	0 (1)	2 (1)	0 (1)
25 —			3	0	25	0
30 —			2,6	0	150	0
8 Juin			2,4	0	810	9,0 (2)
13 —			1,9	0	1 650	85,0
18 —			2,2	0	1 850	92,0
25 —			1,8	0	550	84,0
30 —	0,15 (2)	0	1,6	0	110	72,0
7 Juillet	14,0	0	0,8	0	60	12,0
16 —	244,2	13,4 (3)	0	0	95	5,0
21 —	372,7	28,7			12	0
29 —	7,8	96,1			0	0

(1) 1e période de vol. — (2) 2e période de vol. — (3) 3e période de vol.

Les *Myzodes* ailés provenant soit de la descendance de fondatrices, soit des virginipares hivernants sont observés dès le 15 mai sur les porte-graines mais leur nombre reste constamment très faible.

Il n'a été observé sur le lot de pommes de terre qu'un nombre insignifiant d'ailés pendant la fin du mois de mai et le début du mois de juin ; les ailés appartenant à la seconde période de vol apparaissent vers le 21

juin et se multiplient très rapidement ; sous l'action combinée de la maturité de la plante et surtout de l'effet de groupe, la proportion des pucerons ailés (3e période de vol) qui sont susceptibles de transmettre les virus, a augmenté graduellement au cours du mois de juillet.

Les pucerons ailés apparurent très précocement en 1948 : le 27 mai il était relevé suivant les variétés de pommes de terre, de 7 à 22 ailés pour 100 plantes ; en raison de la fréquence des pluies et de la température anormalement basse en mai et juin la population aphidienne a fortement regressé et était pratiquement nulle en juillet (BONNEMAISON 1951).

La douceur de l'hiver 1948-1949 a permis l'hivernation d'un grand nombre de pucerons aptères et ailés du Puceron vert du Pêcher (*M. persicae*) sur des plantes-hôtes secondaires. Le printemps 1949, chaud et sec, a favorisé la multiplication des pucerons et notamment d'*A. fabae* à un degré tel que la plupart des cultivateurs ont traité les betteraves à une ou deux reprises.

Les premiers ailés d'*A. fabae* provenant des plantes-hôtes primaires ont été observés à Versailles le 27 avril 1949 sur des Chénopodes. Les *M. persicae* ailés ont été notés sur le Pêcher à partir du 30 avril.

Il a été fait à Versailles en 1949 des numérations de pucerons (*M. persicae*) et *A. fabae*) sur des porte-graines et des betteraves-racines situées non loin des porte-graines. Les ailés d'*A. fabae* qui avaient effectué leur croissance sur les porte-graines et qui étaient, par conséquent, capables de transmettre le virus de la Jaunisse, ont été notés sur quelques pieds vers le 25 mai mais ils n'ont été nombreux qu'à la fin du mois de juin ; les *Myzodes* ont été relativement rares.

TABLEAU XIII

Nombre de M. persicae *et d'*A. fabae *aptères et ailés sur* 10 *pieds de porte-graines et* 10 *pieds de betteraves-racines. Versailles* 1949.

Dates des observations	Porte-graines				Betteraves-racines			
	A. fabae		M. persicae		A. fabae		M. persicae	
	A	L	A	L	A	L	A	L
25 Mai		0,06			0,2	0,01		
30 —	8	1			0,3	0,03		
8 Juin	294	0,8			222	6		
13 —	330	4			254	8		
18 —	167	8	14		406	6	8	
24 —	524	18	10		402	30	16	
29 —	312	156	4		396	86	20	
4 Juillet	234	135	4		268	22	12	
9 —	92	6	0		114	24	0	
15 —	0	0			64	4	2	
21 —					68	2	0	
26 —					0	0	0	2

En raison du voisinage des porte-graines, la population de pucerons a été anormalement élevée sur les betteraves-racines ; dans la plupart des cas, la densité pour 100 pieds est, à la fin de juin ou au début de juillet, de 50 à 200 *A. fabae* et de 0,1 à 15 *M. persicae*.

En 1951, il n'a été relevé des *Myzodes* sur les porte-graines que le 2 juillet et en très petit nombre.

Le graphique n° 8 indique le nombre d'aptères et de nymphes d'*A. fabae* ou ailés relevés à Versailles sur 10 porte-graines en 1947, 1949 et 1951. On voit que, pour un même endroit, le nombre des pucerons peut varier dans les proportions énormes suivant les conditions climatiques de l'année.

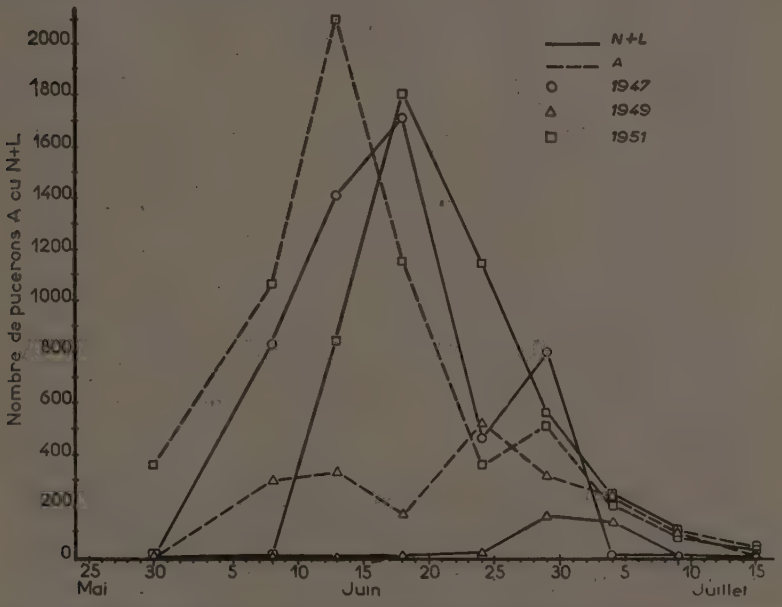


FIG. 8. — Nombre d'*A. fabae*, aptères et larves, nymphes et ailés relevés sur 10 porte-graines de betteraves. Versailles 1947, 1949, 1951 ; en 1947, il n'a été compté que les nymphes et les ailés.

Observations faites en 1953. — Les semis ont été effectués précocement et les conditions climatiques printanières ont assuré une croissance exceptionnelle des betteraves au cours des mois de juin et de juillet. La température moyenne du mois de juin a été inférieure à la normale, les précipitations ont été relativement peu importantes mais assez fréquentes, ce qui a eu pour conséquence de modifier le cycle biologique normal des pucerons.

Les *fundatrigeniae alatae* de *M. persicae* ont été observées dans la Beauce à partir du 8 mai ; la douceur de l'hiver 1952-1953 a permis l'hiver-

nation de l'espèce sous la forme de virginipares aptères, mais les plantes-hôtes hivernales des formes parthénogénétiques (Choux, Epinards, etc.) sont peu communes dans la région où les essais ont été effectués. Cette espèce a d'ailleurs été rare dans les cultures de betteraves pendant le mois de mai et les deux premières décades de juin ; elle s'est rapidement développée sur les pommes de terre à partir du 10 juin et les ailés sont apparus en grand nombre entre le 20 juin et le 15 juillet ; la plupart de ces ailés ont été sur les betteraves.

Les *fundatrigeniae alatae* d'*A. fabae* ont été notés sur les porte-graines à partir du 5 mai. La population d'*A. fabae* sur les porte-graines et les féveroles a atteint son maximum entre le 20 et le 28 juin. A Versailles, il a été relevé les nombres suivants de colonies sur 100 porte-graines non traités : 13 mai : 3 ; 20 mai : 20 ; 27 mai : 97 ; 3 juin : 177 ; 10 juin : 1194 ; 17 juin : 1680 ; 25 juin : 2334 ; 3 juillet : 1788 ; 10 juillet : 540 ; 17 juillet : 147 ; 24 juillet : 0.

Les ailés ayant effectué leur croissance larvaire sur les porte-graines, et étant par conséquent porteurs du virus de la Jaunisse sont apparus à partir du 2 juin dans la Beauce ; les vols ont été importants du 18 juin au 15 juillet avec un maximum entre le 27 juin et le 6 juillet en Beauce, et du 30 juin au 11 juillet dans la région de Versailles.

A la date du 6 juin, il a été dénombré en moyenne dans les champs de betteraves de la région où ont été réalisées ces expériences 0,8 colonie d'*A. fabae* sur 100 betteraves-racines ; ces colonies ont été engendrées par les émigrants ailés provenant des plantes-hôtes primaires ; les pucerons les plus avancés, qui étaient presque tous des aptères, sont devenus adultes à partir du 9 juin.

Le 6 juillet, les grosses colonies d'*A. fabae* ne comprenaient plus que des ailés ou des nymphes ; on trouvait à cette date un assez grand nombre d'ailés dispersés sur le feuillage et n'ayant pas encore engendré de larves.

Les Coccinelles et les Syrphes sont apparus dans la seconde quinzaine de mai et, dès le 10 juin, des larves étaient parvenues à la fin de leur croissance ; les Hémérobes étaient également assez nombreux. Les Hyménoptères parasites (*Aphidius matricariae* HAL. *Aphidius cardui* MARSH., *A. fabarum* MARSH., etc.) ont été relativement rares jusqu'à la mi-juillet.

Afin de déterminer l'importance des déplacements des pucerons ailés, des pièges de MOERICKE ont été disposés au nombre de 5 par champ en quatre endroits ; dans la Beauce (Rouvray-Saint-Denis et Baudreville) à Fretin (Nord) et à Versailles ; les dénombrements de pucerons ont été faits chaque jour ainsi que les relevés météorologiques. Un point important à noter, tant pour les déplacements des pucerons ailés que pour le pourcentage de plantes atteintes de Jaunisse est qu'il y avait des cultures de porte-graines de betteraves et de féveroles à Rouvray, à Sainville

et à Fretin alors que ces plantes n'existaient pas à Baudreville. Les cultures de pommes de terre étaient peu importantes à Baudreville et Sainville mais occupaient une surface relativement élevée à Fretin, Rouvray et Versailles.

TABLEAU XIV

Captures de pucerons par décades dans les divers postes d'observation (5 *pièges par champ*) — 1953.

Dates des captures (par décades)	Rouvray		Baudreville		Versailles			Fretin	
	A. f.	M. p.	A. f.	M. p.	A. f.	M. p.	M. s.	A. f.	M. p.
21-30 mai	3	0	—	—	3	5	4	—	—
1-10 juin	0	0	—	—	39	10	25	2	0
11-20 —	0	0	—	—	47	13	19	0	1
21-30 —	48	10	0	28	132	48	27	5	77
1-10 juillet	49	101	16	19	1 242	262	166	6	270
11-20 —	6	31	3	7	136	143	39	0	83
21-31 —	0	1	1	2	3	10	5	0	22
1-10 août	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-20 —					0	0	0	0	0
21-31 —					1	0	0	0	0
1-10 septembre					6	2	0		
11-20 —					2	6	2		
21-30 —					12	3	5		
1-10 octobre					16	13	9		
11-20 —					22	8	1		
21-31 —					15	52	4		

A. f. : *Aphis fabae.* — M. p. : *Myzodes persicae.* — M. s. : *Macrosiphum solanifolii.*

Observations faites en 1954. — L'hiver 1953-1954 a été assez rigoureux, le minimum ayant été de — 13,8° dans la première décade de février (température moyenne de la 1re décade — 8,25°) mais un certain nombre de formes parthénogénétiques de *M. persicae* ont pu se maintenir en plein air. Les mois d'avril et de mai ont été plus froids en 1954 (moyennes par décades : avril 8,07, 7,12 et 9,27 ; mai : 10,65, 13,39, 13,82) et inférieurs aux températures moyennes portant sur 25 années.

Les *fundatrigeniae alatae* de *M. persicae* ont été notés à partir du 9 mai, c'est-à-dire à la même date que l'année précédente ; ceux d'*A. fabae* sont apparus à la fin d'avril dans le nord de la France (région d'Ascq) ainsi que dans le bassin parisien et ont été beaucoup plus nombreux qu'en 1953. Les premières colonies de pucerons noirs ont été notées dans la Beauce vers le 15 mai et des aptères adultes étaient observés sur ces plantes le 22 mai. Les semis de betteraves-racines ont été faits tardivement dans l'ensemble ; le 18 mai, beaucoup de betteraves ne présentant que deux feuilles en plus des deux cotylédonaires étaient attaquées par des larves d'*A. fabae* aux 1er, 2e et 3e âges. Les ailés nés sur les porte-graines ont été observés à partir du 28 mai ; à cette date, il y avait une

assez forte population de Coccinelles adultes et de larves. Bien que les températures moyennes mensuelles aient été plus basses en 1954 qu'en 1953, les pucerons noirs ont été plus précoces en 1954 qu'en 1953.

Températures moyennes mensuelles.

	1953	1954
mars	7,32	7,69
avril	9,80	8,15
mai	14,30	12,62

Des pièges de MOERICKE ont été placés, au nombre de 5 par champ en deux endroits : à Versailles, dans les cultures de la Station d'Amélioration des plantes, et à Baudreville (E.-et-L.) ; dans les deux dernières stations, les pièges étaient disposés à proximité immédiate ou sur le champ où ont été faits les essais de traitements insecticides ; il n'y avait pas de cultures de porte-graines à moins de 10 km des pièges pour Ascq et Baudreville mais il y avait des champs de pommes de terre dans le voisinage. A Versailles, au contraire, des cultures de porte-graines d'une surface de quelques ares et de pommes de terre (2 ha environ) se trouvaient à moins de 500 m des pièges.

Le tableau XV indique le nombre d'*A. fabae*, de *M. persicae*, de *M. nasturtii* et de *M. solanifolii* capturés par décades aux deux endroits. Les relevés ont été poursuivis à Versailles jusqu'au 20 novembre ; les captures ont été importantes à l'automne 1955.

La comparaison de ces chiffres avec ceux relevés en 1953 dans les mêmes localités montre que les captures ont été plus importantes et ont été notées pendant un temps plus long en 1954 qu'en 1953 ; cela tient à ce que les précipitations et les températures moyennes de la fin juin et du mois de juillet ont été plus faibles en 1954 qu'en 1953.

Précipitations et températures moyennes par décades.

	1953	1954	1953	1954
	mm	mm	°	°
Juin, 1re décade	8,1	19,9	12,06	14,72
2e »	5,1	9,8	15,27	16,30
3e »	37,4	7,0	18,35	15,45
Juillet, 1re »	13,1	18,0	17,99	13,85
2e »	32,1	8,4	16,22	16,40
3e »	18,3	8,5	17,56	16,35

Il n'a pas été possible d'examiner les pucerons capturés à Ascq en vue de leur identification ; le nombre global de pucerons capturés a été très faible en comparaison des prises faites à Versailles et à Baudreville et les maxima ont eu lieu le 15 juin, le 23 juin et surtout les 29 et 30 juin.

Au cours de l'été, la température étant constamment élevée, il est difficile d'établir une corrélation entre la température et l'importance des prises dans les pièges de MOERICKE.

Tableau XV

Captures de pucerons par décades, dans les divers centres d'observation (5 pièges par champ) 1954-1955.

Dates des captures par décades	Baudreville 1954		Versailles 1954				Versailles 1955	
	A. f.	M. p.	A. f.	M. p.	M. n.	M. s.	A. f.	M. p.
21-30 mai	4	5	32	11	11	6		
1-10 juin	35	15	173	67	23	48		
11-20 —	33	26	901	55	137	68		
21-30 —	24	13	1 424	187	201	159		
1-10 juillet	18	11	408	34	86	29		
11-20 —	13	9	89	92	51	17		
21-31 —	0	0	54	77	79	10		
1-10 août	0	0	6	17	8	2		
11-20 —	0	1	4	36	14	14		
21-31 —	1	1	6	9	10	0		
1-10 septembre	0	1	1	0	0	0		
11-20 —	0	0	0	0	0	0	10	21
21-30 —			0	0	0	0	37	112
1-10 octobre			0	0	1	0	118	141
11-20 —			2	0	0	1	67	73
21-31 —			1	1	1	0	8	34
1-10 novembre			0	0	0	0	62	43
11-20 —			0	0	0	0	4	2

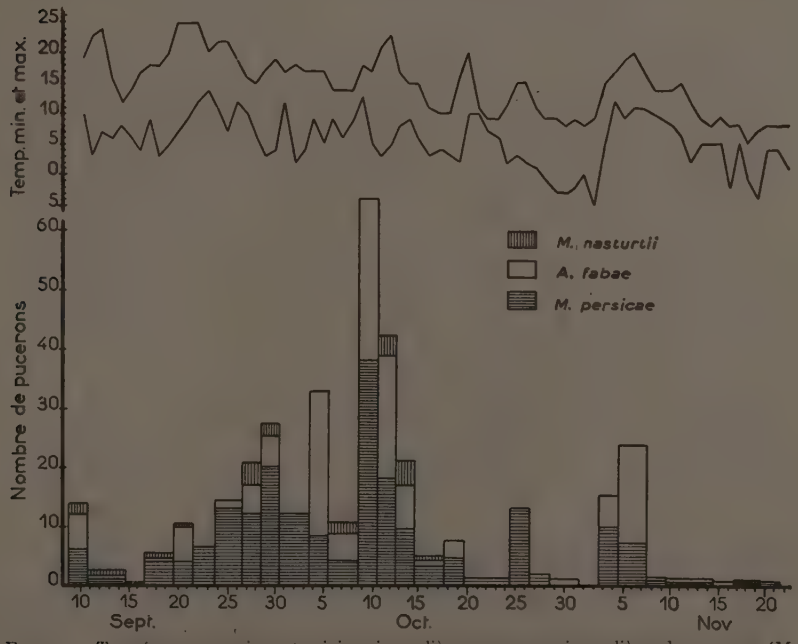


Fig. 9. — Températures maxima et minima journalières, moyennes journalières de pucerons (*M. persicae, A. fabae, M. nasturtii*) capturés dans 3 pièges de Moericke à l'automne 1955.

Les captures de pucerons faites à l'automne 1955 donnent, par suite des importantes fluctuations de la température, des indications intéressantes en ce qui concerne l'influence de la température sur l'activité des sexupares ailés de *M. persicae*, d'*A. fabae* et de *M. nasturtii*. Les relevés étaient faits à 18 heures, tous les 2 à 5 jours, dans 3 bacs de Moericke ; le graphique n° 9 indique les températures maxima et minima ainsi que les nombres moyens journaliers de pucerons capturés au cours de périodes de 2 à 5 jours. On voit que les vols ont été importants lorsque la température maximum de la journée a été supérieure à 15-16° ; ce fait est particulièrement net entre le 3 et le 17 octobre.

Les numérations indiquées précédemment montrent que dans la région parisienne et la Beauce, les pucerons ailés sont nombreux à plusieurs époques de l'année ; l'importance et la durée de ces vols diffèrent quelque peu suivant les conditions climatiques de l'hiver précédent et de l'année mais il peut être distingué 4 « périodes de vols » (Bonnemaison 1953).

1re période. — Elle commence dès le mois de février si la température est douce pour *M. tulipaella* et *M. persicae* provenant des silos ; cette dernière espèce peut également se multiplier si la température minimum n'a pas été inférieure à — 15° sur les Crucifères (choux, colzas, etc.), les épinards, les betteraves potagères et les porte-graines en culture directe, ainsi que sur les betteraves-racines qui ont été laissées en terre. A partir de la fin du mois d'avril apparaissent les formes émigrantes de *M. persicae* et d'*A. fabae* ; ces formes émigrantes (*fundatrigeniae alatae*) sont capables d'effectuer des déplacements relativement beaucoup plus importants que les virginipares ailés. Ils peuvent donc au cours de leurs déplacements se poser sur des betteraves ou des porte-graines et absorber le virus assurant ainsi précocement une dissémination du virus sur une grande étendue mais sur un petit nombre de plantes.

Au contraire les virginipares ailés hivernants provenant des silos effectuent des vols peu importants (sauf lorsqu'ils sont emportés par le vent) et ils assurent une contamination massive des porte-graines ou des semis de betteraves du voisinage.

2e période. — Elle s'échelonne depuis le 8-10 juin jusqu'à la mi-juillet ; elle comprend surtout des virginipares ailés d'*A. fabae* en provenance des colonies qui se sont développées sur les fèves, féveroles, haricots, dahlias ainsi que sur les betteraves-racines ou sur les porte-graines de betteraves ; ce sont les pucerons qui se sont développés sur ces dernières plantes qui assurent la contamination générale des betteraves-racines dans les régions de production de porte-graines. Les ailés de *M. persicae* proviennent principalement des Crucifères et en petit nombre de porte-graines et des betteraves-racines. Pour les deux espèces, le maximum de pullulation se situe généralement entre le 15 juin et le 5 juillet.

3e période. — Elle ne concerne pratiquement que *M. persicae* qui abandonne les pommes de terre précoces ou mi-tardives à partir de la mi-juin, le maximum des vols se situant généralement aux environs du 20 juillet.

4e période. — La quatrième période de vol correspond à la migration de retour des sexupares ailés des plantes-hôtes secondaires vers les plantes-hôtes primaires ; elle a lieu depuis le début de septembre ou d'octobre jusqu'à la mi-novembre. Cette période de vol est particulièrement importante en ce qui concerne la contamination des planchons.

B. — Essais de traitement.

RIPPER, GREENSLADE et LICKERISH (1949) ont utilisé le schradan ; dans l'essai le plus satisfaisant, le pourcentage de Jaunisse a été abaissé de 64 à 18 p. 100 ; utilisant le même insecticide, RIPPER, GREENSLADE et HARTLEY (1950) ont obtenu dans certains cas des diminutions importantes du pourcentage de plantes malades ; ils recommandent de traiter les planchons semés de mai à juillet à 2 ou 3 reprises avec le schradan. Des traitements ont été effectués en 1949, à Capelle (Nord) dans des champs de la maison de sélection F. DESPREZ, en combinaison avec des plantes-écrans : chanvre ou maïs ; les pulvérisations ont été exécutées le 15 mai, le 1er juillet et le 1er septembre avec 250 cc de nicotine à 40 p. 100 ou 0,01 p. 100 de parathion ; ces traitements ont faiblement diminué le pourcentage de Jaunisse (LIMASSET, GRENTE et BONNEMAISON 1949).

HANSEN (1950) a traité des betteraves sucrières à 8 reprises entre le 21 juin et le 12 août avec un mélange de D. D. T. et de nicotine ; il fut relevé en septembre 63 p. 100 de Jaunisse dans les lots témoins, 56 p. 100 dans les lots traités à 4 reprises avec de la bouillie bordelaise et 61 p. 100 dans ceux ayant reçu les pulvérisations de D. D. T. et de nicotine. D'autres essais furent effectués avec le parathion à 0,01 p. 100 de M. A. ou un mélange d'H. C. H. et de pyrèthre appliqué à 2 ou 3 reprises en pulvérisation à 1 000 ou 2 000 litres à l'hectare ; ces traitements n'ont diminué le pourcentage de Jaunisse que dans une proportion de 5 à 15 p. 100. HANSEN a fait également sans succès des fumigations avec le lindane. Il a utilisé le séléniate de soude aux concentrations de 0,2 à 0,4 p. 100 en arrosage au pied des betteraves à raison de 0,5 à 1 litre par mètre ; dans tous les cas, les pieds traités avaient un pourcentage de Jaunisse plus élevé que les témoins.

En traitant à 3 reprises des planchons dans le cours de l'automne, BAWDEN (1950) a relevé les pourcentages suivants de Jaunisse sur les porte-graines : témoin 85 p. 100, traitements avec le parathion : 10 p. 100, avec le schradan 23 p. 100, avec l'hexaéthyltetraphosphate 41 p. 100.

Au Danemark, HEIE (1951) a traité sans succès des planchons avec du parathion ou du schradan, bien qu'il y eût très peu de Jaunisse. En Belgique, ERNOULD (1951) a essayé comparativement le parathion en poudrage à 40 kg/ha et le schradan à 0,33 p. 100 ou 0,550 p. 100 à 1 200 l/ha soit 3,960 kg et 6,600 kg de schradan à 0,33 p. 100 ou 0,550 p. 100 à 1 200 l/ha soit 3,960 kg et 6,600 kg de schradan pur à l'ha ; il a été noté 27,9 p. 100 de Jaunisse dans les parcelles traitées, et 63,6 p. 100 chez le témoin.

Dans un travail récent résumant les expériences faites en Belgique de 1950 à 1955, ERNOULD (1955) recommande l'emploi du déméton dans les régions où la Jaunisse est généralement grave.

En Allemagne, HEILING et STEUDEL (1951) ont constaté que le déméton à 0,03 p. 100 n'était pas plus efficace que le parathion à 0,1 p. 100; de bons résultats ont été obtenus avec le déméton à 0,05 p. 100 et 0,1 p. 100.

ROLAND, opérant en serre avec du parathion à 0,01 p. 100 (1951), ou avec du schradan et du déméton à 0,065 p. 100 (1953) conclue à l'inefficacité des traitements. Par contre, en Angleterre, HULL (1951) en traitant à 3 reprises des planchons avec du parathion au cours de l'automne 1948, a obtenu 9,6 p. 100 de plantes malades contre 85 p. 100 chez le témoin ; des applications de schradan sur des planchons n'ont pas été efficaces (BAWDEN 1952).

STEUDEL (1952) a essayé comparativement le parathion et le déméton ; il a remarqué qu'*A. fabae* était plus difficile à combattre que *M. persicae* ; le déméton a été employé aux doses de 400 et 800 cc d'un produit à 50 p. 100 de MA dilués dans 600 à 800 litres d'eau par ha ; il conseille de traiter en Allemagne occidentale à 2 ou 3 reprises en juin-juillet lorsqu'il y a une forte population aphidienne et une fois seulement lorsqu'elle est faible. A la concentration de 0,1 p. 100 le déméton entraîne une mortalité de 95 p. 100 des pucerons pendant 25 jours sur les feuilles âgées mais seulement de 65 p. 100 le 25e jour sur des feuilles moyennes et de 15 p. 100 sur de jeunes feuilles par suite de la migration insuffisante du déméton des feuilles âgées vers les tissus se développant après le traitement.

GOFFART et HEILING (1952) concluent de leurs essais que les traitements à base de déméton ne peuvent supprimer la Jaunisse mais que l'efficacité est relativement meilleure dans les cas de forte infestation que dans ceux de faible infestation.

HULL et GATES (1953) ont utilisé comparativement le parathion et le schradan appliqué sur des planchons ; alors qu'il était relevé 85 p. 100 de Jaunisse chez le témoin, les parcelles traitées avec le parathion à 0,09 p. 100 avaient 34 p. 100 de Jaunisse, et celles traitées avec le schradan à 0,235 p. 100, 55 p. 100 de plantes malades ; l'hexaéthyltetraphosphate n'a guère été plus actif que la nicotine ou l'octachlore. Dans un essai appliqué sur une vaste surface, le parathion à 0,09 p. 100 n'a pas été plus efficace que le schradan à 0,5 p. 100 et 1 p. 100. 1 à 3 traitements

exécutés depuis la fin du mois d'août ou le début de septembre jusqu'à la fin octobre ou le début de novembre sur des planchons semés en juillet ont donné des résultats irréguliers mais nettement insuffisants lorsque les vols de pucerons ailés étaient importants à l'automne ; les traitements effectués en septembre et octobre étaient généralement plus efficaces que ceux appliqués en août.

Les observations de GOOSSEN (1953) ont été faites en Westphalie sur de nombreux champs d'essais, d'une surface totale de 1 000 ha, qui ont reçu un ou deux traitements à 400 cc/ha de déméton à 50 p. 100 M. A. ; la première pulvérisation a été exécutée entre le 8 et le 22 juin ; le rendement moyen en sucre a été, pour 100 chez le témoin, de 111 avec un traitement et de 134 pour 2 traitements.

En Hollande, HIJNER (communication verbale) a contrôlé en 1953 un traitement généralisé portant sur 27 ha réalisé à partir du 15 juin avec 400 cc/ha de déméton à 50 p. 100 MA ; il a constaté entre les témoins et les champs traités des différences beaucoup plus marquées en ce qui concerne les pourcentages de Jaunisse dans les champs ensemencés en mars que dans les champs semés en avril.

En Autriche, WENZL et KREXNER (1954) ont traité à 2 ou 3 reprises avec 400 cc/ha de déméton à 50 p. 100 ; ils ont remarqué que les pulvérisations ont entraîné une nette diminution d'*A. fabae* mais qu'il en restait toujours un nombre relativement important ; la production des ailés sur les plantes-hôtes secondaires était fortement entravée jusqu'à 27-34 jours après le traitement. Dans une série d'essais où le témoin avait 5,31 p. 100 de plantes malades, le pourcentage de plantes atteintes de Jaunisse, rapporté à 100 chez le témoin, a été de 55,7 p. 100 pour un traitement, de 42,8 pour 2 traitements et de 30,7 pour 3 traitements ; des chiffres similaires ont été relevés dans des champs où il y avait 20,1 p. 100 de plantes malades dans les lots témoins.

La Jaunisse occasionne depuis quelques années des pertes très importantes en Rhénanie et en Westphalie ; de nombreux essais portant sur plusieurs milliers d'ha de betteraves-racines ont été réalisés dans ces régions à partir de 1951.

DAME et GOOSSEN (1954) ont utilisé en 1953 le déméton à 200 g/ha dilué dans 400 litres d'eau/ha à 1 ou 2 reprises ; bien qu'il y eût peu de Jaunisse, l'augmentation de rendement en racines par rapport au témoin a été de 0 à 27 p. 100 pour un traitement et de 0 à 31 p. 100 pour 2 traitements ; ces auteurs estiment que le premier traitement doit être appliqué lorsque l'on relève la présence de 20 à 30 *M. persicae* sur 100 plantes.

Des essais ont été réalisés en Rhénanie en 1952 et en 1953 ; il a été fait 3 traitements en 1952 (23 mai, 6-11 juin, 26-28 juin) avec 200 g de déméton dilué dans 400 litres d'eau par ha ; dans les parcelles traitées, la population aphidienne a été constamment faible, sauf entre le 21 et

le 25 juin. Il y eut vers la mi-août 100 p. 100 de Jaunisse dans les témoins comme dans les lots traités mais chez ceux-ci les symptômes apparurent plus tardivement. Il fut appliqué un seul traitement général (18 juin 1953) dans la Rhénanie du Nord. Bien que la Jaunisse fût moins grave qu'en 1952, il fut noté une augmentation de rendement de 4 à 23 p. 100.

De nombreuses expériences et observations ont été faites par STEUDEL (1952), STEUDEL et HEILING (1952, 1954, 1956). Ces auteurs ont utilisé le déméton à 200 ou 400 g/ha dilués dans 400 litres d'eau et appliqués à 1,2 ou 3 reprises. Les conclusions qui peuvent être tirées de ces essais très complets sont les suivantes : lorsque l'infection est faible, il y a peu de différences entre le témoin et les lots traités. Lorsque l'attaque de Jaunisse est grave, les traitements au déméton se traduisent par une augmentation sensible du rendement ; les moyennes des essais effectués en 1951 et 1952 exprimées en sucre et rapportées à 100 pour les témoins ont été les suivantes : 1951 : 1 traitement : 105, 2 traitements : 113,2, 3 traitements : 119. — 1952 : 2 traitements : 113,3, 3 traitements : 121.

1° INFLUENCE DES TRAITEMENTS SUR LA POPULATION APHIDIENNE

La protection des betteraves-racines ou des porte-graines contre la Jaunisse peut être envisagée de diverses façons qui ont été indiquées dans une note (BONNEMAISON 1953). Je ne mentionnerai ici que celles qui sont en relation avec des traitements aphicides ; dans ces limites, on peut envisager de diminuer l'importance de la Jaunisse en détruisant les pucerons de 3 façons :

1° sur les porte-graines, avant l'apparition des formes ailées qui iront contaminer les betteraves-racines ;

2° sur les betteraves-racines, au moment de l'arrivée des pucerons infectieux ;

3° sur les planchons, afin d'améliorer l'état sanitaire de ceux-ci et de réduire par conséquent le nombre de porte-graines infectieux l'année suivante.

Par suite de difficultés matérielles, ces essais n'ayant malheureusement pu être menés de front, je mentionnerai successivement des essais effectués sur des porte-graines, ou des betteraves-racines suivis de numérations des pucerons à intervalles réguliers afin de déterminer l'efficacité de ces traitements sur les populations aphidiennes et, en second lieu, des essais de traitements suivis de relevés partiels de la population aphidienne et de notation de Jaunisse.

Essai n° 1. — Il a été fait sur des porte-graines en culture directe ; chaque lot comprenait 200 planchons. Le traitement a été exécuté le 17 mai 1952 avec un appareil à dos à pression préalable à la dose de 1 500l/ha

ou avec une poudreuse à main à 35 kg/ha. L'efficacité des traitements a été déterminée par la numération des colonies d'A. *fabae* le jour du traitement et au cours du mois suivant ; les chiffres ont été rapportés à 100 pieds.

TABLEAU XVI

Traitement sur porte-graines, Versailles 1952.
Nombre de colonies pour 100 *pieds.*

Produits essayés	Dates des relevés			
	17/5	3/6	12/6	20/6
Témoin	9	252	696	677
Parathion poudrage 280 g/ha	3	24	129	287
« suspension 300 g/ha	5	25	112	201
« émulsion 300 g/ha	13	52	162	439
Oléoparathion (80 % h. blanche + 1,5 % MA) 300 g/h	8	32	91	370
Schradan 3750 g/ha	6	2	64	59
« 7500 g/ha	7	4	53	33
Isolan 225 g/ha	11	26	179	455
« 375 g/ha	8	25	156	195
« 520 g/ha	8	10	129	69
Déméton 225 g/ha	12	22	140	159
« 375 g/ha	6	21	186	194
« 520 g/ha	11	29	80	107

Bien que le traitement ait été fait à la main et à une dose 1,5 fois plus élevée que la normale, aucun des produits essayés n'a entraîné une destruction totale des pucerons.

Essai n° 2. — Cette expérience a été faite sur de petites parcelles comprenant des betteraves-racines, des porte-graines de betteraves et des pommes de terre, situées en un endroit où il y avait une forte infestation naturelle par *A. fabae* et *M. persicae*. Le traitement a été soigneusement effectué le 21 mai 1953 avec un pulvérisateur à dos à raison de 1 000 litres à l'ha ; la température était de 18° au moment de la pulvérisation. Les précipitations ont été insignifiantes (2,7 mm le 28, 0,8 mm le 31, 12,2 mm du 1er au 15 juin).

Les numérations de pucerons effectuées sur les betteraves portent sur les nymphes et ailés (L.) ou les colonies (c.) d'*A. fabae* ; celles qui ont été faites sur la Pomme de terre concernent les nymphes et ailés (L.) ou les aptères et les larves (A.) de *M. persicae* et *M. solanifolii*. La diminution du nombre de pucerons à partir du 25 juin pour *A. fabae* et du 3 juillet pour les deux autres espèces est due à l'apparition des formes ailées ainsi qu'à l'action des prédateurs et des parasites.

Dans ces essais, le parathion a assuré une protection des plantes sensiblement équivalente à celle des produits endothérapiques, c'est-à-dire pendant une durée de 20-25 jours.

Tableau XVII

Traitement sur betteraves-racines, porte-graines et Pomme de terre.
Versailles, 21 mai 1953.

Produits essayés	Nombre de jours après le traitement											
	6		13		20		27		35		43		50	
	L	AC	L	AC	L	AC	L	AC	L	AC	L	AC	L	AC
Porte-graines de betteraves:														
Témoin		18		35		174		280		389		298		90
Parathion émulsion 200 g/ha		0		0		4		3		7		31		30
Schradan 5 000 g/ha		0		0		0		2		8		30		29
Isolan 200 g/ha		2		2		14		22		31		38		32
Déméton 1 250 g/ha		0		0		1		1		9		26		31
— 2 500 g/ha		0		0		1		4		10		25		29
— 5 000 g/ha		0		0		0		3		8		22		23
Betteraves-racines:														
Parathion émulsion 200 g/ha		0		0		0	0	0	8	0	24	33	0	25
Schradan 5 000 g/ha		0		0		0	2	1	4	0	27	6	31	19
Isolan 200 g/ha		0		0		0	1	0	3	0	9	3	12	5
Déméton 5 000 g/ha		0		0		0	1	0	0	29	0	31	0	16
Pommes de terre:														
Témoin		0		0		0	1	2	157	109	4	52	1	9
Parathion émulsion 200 g/ha		0		0		0	1	0	37	31	6	35	1	3
Schradan 5 000 g/ha		0		0		0	0	0	53	32	28	137	8	27
Isolan 200 g/ha		0		0		0	0	0	21	63	14	228	7	60
Déméton 1 250 g/ha		0		0		0	0	0	35	12	18	23	21	23
— 2 500 g/ha		0		0		0	1	0	54	10	28	12	30	12
— 5 000 g/ha		0		0		0	0	0	59	4	44	27	8	27

En ce qui concerne le déméton, il n'y a pas de parallélisme entre la durée de la protection et la quantité de MA apportée à l'ha.

Il est à remarquer que les porte-graines ont une surface foliaire relativement plus faible que les betteraves-racines, et ne peuvent recevoir par conséquent qu'une quantité relativement faible de liquide ; les pucerons sont cantonnés sur les hampes florales, c'est-à-dire sur des tissus qui durcissent rapidement ce qui diminue l'efficacité des insecticides endothérapiques.

Il est préférable, pour le traitement des porte-graines, de faire une ou deux applications de parathion ou mieux d'oléoparathion à 20 g MA/hl, le premier traitement étant exécuté au moment de l'apparition des toutes premières colonies. Un second traitement pourra éventuellement être appliqué 8 à 10 jours plus tard si le premier traitement s'est révélé insuffisant, ou si l'insecticide a été enlevé par une forte pluie, ou encore, si les conditions climatiques entraînent l'échelonnement des vols. Il est souvent peu avantageux de traiter lorsque les colonies d'*A. fabae* sont très denses car l'insecticide ne détruit qu'une faible proportion des pucerons mais entraîne la mort des prédateurs et des parasites.

2° EFFICACITÉ DES TRAITEMENTS CONTRE LA JAUNISSE

Les essais mentionnés ci-dessous ont été réalisés d'après le protocole général d'expérimentation établi au cours du V^e^ colloquium sur la Jaunisse (Bruxelles, 22 février 1953) et qui a été appliqué totalement ou partiellement en différents pays (Allemagne, Angleterre, Belgique, Danemark, Hollande, Suède). Ils ont été effectués en étroite collaboration avec le Service de la Protection des Végétaux et l'Institut Technique Français de la Betterave Industrielle. Ce plan ne prévoyait que des essais avec le déméton ; ils ont été complétés par des essais particuliers réalisés dans les mêmes communes (Rouvray-Saint-Denis et Baudreville E.-et-L.) que ceux où avaient lieu les expériences prévues par le protocole international ou à une faible distance de celles-ci.

Essais effectués suivant le protocole international.

Le protocole international comprenait 4 catégories d'essais ; ils ont tous été réalisés sur des betteraves sucrières.

Essai n° 1. — Cette expérience prévoyait la combinaison de traitements et de l'influence de la densité du peuplement (55 000 (*a*), 60 000 (*b*), 65 000 (*c*) plantes à l'ha) ; elle comprenait 6 lots avec 6 répétitions. Le champ a été ensemencé le 15 avril ; les traitements ont été faits à 400 g MA/ha dilués dans 800 litres d'eau par ha ; il a été utilisé un pulvérisateur donnant une pression de 22 kg et assurant une répartition très régulière de l'insecticide. Le premier traitement a été fait le 24 juin par un temps assez doux (temp. moyenne 15°), les betteraves ayant 15 à 20 feuilles, et le second le 23 juillet (temp. moyenne 16,5°).

Il a été procédé à deux numérations des pucerons (*A. fabae* et *M. persicae*) ; les résultats, rapportés à 100 pieds, sont indiqués dans le tableau XVIII ; les aptères au dernier stade larvaire ou adultes sont indiqués par la lettre A, les nymphes ou les ailés par L, et les colonies d'*A. fabae* par C.

Le pourcentage moyen de plantes atteintes de Jaunisse a été de 100 dans les lots témoins et de 97 p. 100 dans les parcelles traitées ; le rendement moyen a été de 103 pour les lots témoins et de 107 pour les lots traités, la densité moyenne de 8,98 pour les lots témoins et de 9,10 pour les lots traités (tableau XVIII).

Essai n° 2. — (*Influence des dates d'application des traitements*). — Le champ comprenait 4 lots avec 3 répétitions (surface de chacune des parcelles 1 365 m²) ; il a été ensemencé en 2 fois : une moitié le 20 avril et l'autre moitié le 10 mai. Un des lots n'a pas reçu de traitement ; le lot n° 1 a été traité le 9 juin (temp. moy. 13°5) et le 24 juin (temp. moy. 15°), le lot n° 2 le 24 juin et le 9 juillet (temp. moy. 20°), le lot n° 3 le 9 juillet et le 23 juillet (temp. moy. 16°5) (tableau XIX).

Tableau XVIII

Numérations des pucerons, sur 100 *pieds, pourcentage de plantes atteintes de Jaunisse. Rendement et densité.*

Dates des numérations	Espèces d'aphides	Témoin									Parcelles traitées (24/6 et 23/7)								
		a			b			c			a			b			c		
		C	A	L	C	A	L	C	A	L	C	A	L	C	A	L	C	A	L
22 juin	A. fabae	0,1		53	1		51	0,4		48	1,5		55	18		46	1		43
	M. persicae		0,2			0,3			0,2			0,3			0,4			0,1	
6 juillet	A. fabae	11	44	116	12	61	102	8	46	94	0	11	13	0	9	11	0	8	12
	M. persicae		8,4	0,6		8,2	0,4		7,1	0,2		3,4	0,6		3,1	0,2		2,2	0,2
% de jaunisse le 5 août			100			100			100			98			96			97	
Rendements des parcelles			100			108			102			106			110			106	
Densité			9,05			8,95			8,95			9,05			9,1			9,15	

Il est à remarquer que le nombre des pucerons a été très différent dans les lots témoins ou traités des parcelles semées précocement ou tardivement. Les nombres de pucerons relevés le 6 juillet sur 100 pieds ont été les suivants :

	Semis du 20 avril		Semis du 10 mai	
A. fabae	42 A	68 L	111 A	198 L
M. persicae	3,2 A	0,4 L	11,4 A	1,2 L

L'influence des dates de semis sur le pourcentage des plantes atteintes de Jaunisse a été également assez nette ; celui-ci a été chez le témoin de 86,5 pour le semis du 20 avril et de 94,1 pour le semis du 10 mai ; les rendements ont été de 141 dans le premier cas pour 100 dans le second.

Essai n° 3. — (*Traitement de la moitié d'un champ, l'autre partie étant utilisée comme témoin*). Le champ, d'une superficie de 3,57 ha, a été divisé en 4 parcelles, deux servant de témoin et les deux autres étant traitées le 24 juin et le 23 juillet.

Des numérations de pucerons ont été faites le 22 juin et le 6 juillet ; il a été relevé en moyenne pour 100 pieds :

Témoin :

A. fabae, 22 juin : 3,1 C-26 L, 6 juillet : 32 C-86 L ;

M. persicae, 22 juin : 0,8 A-0 L, 6 juillet : 0,5 A-0 L ;

Lot traité :

A. fabae, 22 juin : 2,4 C-24 L, 6 juillet : 12 C-27 L ;

M. persicae, 22 juin : 0,5 A-0 L, 6 juillet : 4,6 A-0,3 L.

Les pourcentages de plantes atteintes de Jaunisse ont été, à la date du 5 août, de 92 p. 100 pour le témoin et de 81 pour le lot traité, les rendements de 100 pour le témoin et de 102 pour le lot traité.

Essai n° 4. — (*Traitement de tous les champs d'une région déterminée*). Cette expérience a été faite sur la moitié nord de la commune de Baudreville ; elle a porté sur 5 pièces d'une surface totale de 34 ha pour le premier traitement effectué le 27 juin, et sur 20 ha pour le second traitement (25 juillet), le propriétaire de deux pièces n'ayant pas autorisé le passage de l'appareil en raison du grand développement des betteraves.

Les pourcentages de plantes atteintes de Jaunisse ont été de 99 p. 100 dans la zone traitée une fois et de 92 p. 100 dans celle qui a été traitée à deux reprises.

Essais particuliers.

Parallèlement aux essais précédents il a été fait plusieurs expériences, soit avec du déméton utilisé à des dates échelonnées à différentes concentrations ou avec une même quantité de MA diluée dans une quantité d'eau variant de 400 à 800 l/ha, soit avec du parathion utilisé sur

Tableau XIX

Numérations des pucerons sur 100 *pieds, pourcentage de plantes atteintes de Jaunisse. Rendement et densité.*

Dates des numérations	Espèces d'Aphides	Lots							
		Témoin		1 (Trait 9/6-24/6)		2 (Trait 24/6-9/7)		3 (Trait 9/7-23/7)	
		A	L	A	L	A	L	A	L
22 juin	A. fabae	2,1	21	0,5	23	2,1	24	1,2	29
	M. persicae	0,2		0,1		0,2		0,3	
6 juillet	A. fabae	7,2	142	17	28	60	109	81	124
	M. persicae	8,4	1	6,2	0,6	4,4	0	6,2	0,6
% jaunisse le 5 août		90		87		84		86	
Rendement des parcelles		100		108		107		102	
Densité		8,6		8,7		8,72		8,67	

une vaste surface ; il a été également essayé différents produits endothérapiques en comparaison avec le parathion.

Essais n° 5. — Cette expérience a été réalisée en deux endroits : à Rouvray-Saint-Denis et à Baudreville. L'essai de Rouvray-Saint-Denis comprenait 3 lots avec une répétition, chaque parcelle ayant une surface

TABLEAU XX

Traitements combinés réalisés avec le déméton à 400 g MA/ha dans 800 litres d'eau.

Date des numérations	Espèces d'aphides	Rouvray–Lots n°						Baudreville–Lots n°					
		1 (T. 9/6)		2 (T. 9/6-9/7)		3 (T. 26/6-23/7)		1 T. 27/6)		2 T. 10/6-8/7)		3 T. 27/6-23/7)	
		L	A	L	A	L	A	L	A	L	A)	L	A
23 juin	A. fabae	18	0,3	12	0,5	36	3						
	M. persicae	0	0,3	0	0,1	0	0,1						
7 juillet.....	A. fabae	29	02	26	24	21	16	52	92	72	208	46	84
	M. persicae		6,5		3,4		2,3	0,3	6,2	0,5	5,6	0	2,3
% Jaunisse le 5/8.....		70		70		74		97		97		96	
Rendement.....		100		92		101		100		99		101	
Densité.....		8,89		9,05		9,25		8,2		8,2		8,5	

de 33 ares ; la pièce a été ensemencée le 12 avril. Les traitements ont été exécutés aux dates suivantes : parcelle 1 : 9 juin ; parcelle 2 : 9 juin et 9 juillet ; parcelle 3 : 26 juin et 23 juillet (tableau XX).

L'essai de Baudreville comprenait également 3 lots avec 3 répétitions, la surface de chaque parcelle étant de 50 ares : lot 1, traité le 27 juin ; lot 2 traité le 10 juin et le 8 juillet, lot 3 traité le 27 juin et le 23 juillet.

TABLEAU XXI

Traitements réalisés avec le déméton à la dose de 400 g MA/ha dilué dans 400-600-800 litres d'eau ou de 100-200-400 g MA/ha dilué dans 800 litres d'eau.

Lots	Nombre de pucerons le 7 juillet				m/o Jaunisse	Rendement	Densité
	A. fabae		M. persicae				
	L	A	L	A			
1) 400 g/MA/ha — 400 l eau/ha — 2 T	21	135	0,6	5,8	98	100	9,3
2) d° — 600 l eau/ha — 2 T	26	102	0,2	3,4	99	104	9,4
3) d° — 800 l eau/ha — 2 T	23	81	0	3,4	97	114	5,0
4) d° — d° — 1 T	24	98	1.2	6,6	98	108	9,3
5) 100 g/MA — d° — 2 T	22	210	0,8	6,8	98	100	9,2
6) 200 g/MA — d° — 2 T	36	125	0,3	4,6	97	110	8,9

Essai nº 6. — Cette expérience avait pour but de déterminer la quantité optimum de déméton à utiliser à l'ha ainsi que celle de liquide à répandre à l'ha sur des betteraves-racines. Le déméton a été utilisé à la dose de 100-200-400 g MA dilué dans 800 litres d'eau et de 400 g de MA dilué dans 400, 600 ou 800 litres d'eau par ha.

Elle a été réalisée à Baudreville et comprenait 5 lots avec 3 répétitions, la surface de chaque parcelle étant d'environ 50 ares ; les traitements ont été faits le 9-10 juin et le 8-9 juillet, et le 9 juillet seulement pour le lot nº 4 (tableau XXI).

Essai nº 7. — En raison des déplacements parfois importants que peuvent faire les ailés, les essais comparatifs sont toujours entachés d'erreurs, les témoins constituant un foyer de dissémination des pucerons et des virus. C'est pour cette raison qu'il a été envisagé dans 3 communes le traitement général de toutes les cultures de betteraves-racines, de planchons et de porte-graines de betteraves et enfin de féveroles.

Un essai a été réalisé à Sainville ; les porte-graines avaient été traités en 1953 à 2 ou 3 reprises avec du parathion mais ils étaient cependant atteints de Jaunisse dans la proportion de 70 à 95 p. 100. Ces porte-graines et les féveroles ont reçu le 23 mai et le 10 juin une pulvérisation à 800 l/ha d'une bouillie préparée avec le mélange suivant par hl : 3,300 kg de parathion (poudre mouillable à 3 p. 100 MA) et 3,300 litres d'un produit commercial renfermant 78 p. 100 d'huile blanche et 3 p. 100 de parathion.

La teneur de la bouillie en parathion était donc de 20 g MA par hl. Ce traitement a été assez peu efficace ; il a été dénombré le 9 juin pour 100 porte-graines 8 colonies d'importance moyenne renfermant une assez forte proportion de nymphes.

Les betteraves-racines ont été traitées entre le 24 et le 29 juin avec la formule mentionnée précédemment et à raison de 800 l/ha ; il n'a pas été possible de faire un second traitement en raison du grand développement des betteraves. Il a été compté le 6 juillet pour 100 feuilles de betterave 41 à 63 aptères d'*A. fabae* ayant chacun en moyenne 6 larves ; le 5 août, le pourcentage de plantes atteintes de Jaunisse a varié de 78 à 98 p. 100 suivant les champs.

Les cultures de betteraves de la commune de Baudreville ont été divisées en deux parties : la moitié nord a été traitée avec le déméton et la moitié sud avec la formule à base d'huile blanche et de parathion ; les traitements ont été faits le 25 juin et le 24-28 juillet. Le pourcentage de plantes atteintes de Jaunisse a varié de 68 à 81 p. 100 dans les parcelles traitées avec le parathion et de 63 à 79 p. 100 dans celles traitées avec le déméton.

Un autre essai de traitement général d'une commune a eu lieu à Fretin (Nord) ; il a été utilisé par ha 400 litres d'une bouillie constituée

avec 3,300 kg de parathion à 3 p. 100 en suspension mélangée à 3,300 kg d'un produit commercial renfermant 78 p. 100 d'huile blanche et 3 p. 100 de parathion soit 200 g de parathion par ha. Les traitements ont été faits sur les porte-graines de betteraves, les féveroles, les betteraves sucrières, les betteraves fourragères et les pommes de terre d'une zone de terrain d'environ 50 ha ; ils ont eu lieu le 8 juin, le 3 et le 18 juillet.

Il a été constaté, après chaque traitement, une notable diminution de la population aphidienne des betteraves et des pommes de terre mais celle-ci est toujours restée suffisamment élevée, tant en aptères qu'en ailés, pour assurer une forte dissémination des virus.

Essais 1954.

Essai n° 8. — Ascq (Nord). Ce champ comprenait 3 lots ensemencés respectivement le 31 mars avec la variété Hilleshog, le 5 avril avec des polyploïdes et le 12 avril avec la variété Golstrup. Chaque lot, d'une superficie moyenne de 75 ares a été divisé en 5 parcelles : 1) témoin ; 2) 2 traitements au déméton le 28 mai et le 9 juillet ; 3) 2 traitements au déméton le 11 juin et le 9 juillet ; 4) 3 traitements au déméton : 28 mai, 11 juin et 9 juillet ; 5) 3 traitements avec de l'oléoparathion (3 p. 100 parathion + 78 p. 100 huile blanche) additionné d'une quantité égale de parathion en suspension à 3 p. 100 de MA soit 30 g de parathion par hl. Il a été utilisé le déméton à 50 p. 100 dilué à 0,100 l/hl soit 50 g de MA/hl et les traitements ont été faits à raison de 800 l/ha, soit 240 g de parathion ou 400 g de déméton à l'ha. Le nombre de pieds/ha a été relevé dans chacune des parcelles ; il a été de 60 600 pour la variété Hilleshog, de 64 300 à 65 700 pour les polyploïdes et de 56 000 à 64 200 pour la variété Golstrup.

Tableau XXII

Essais de traitements aphicides. Ascq 1954.

Variété	Produits utilisés et nombre de traitements	Rendement	Densité	% de Jaunisse
Hilleshög	1. Témoin.	100	7,85	31
	2. Déméton 28/5-9/7.	110	8,0	19
	3. — 11/6-9/7.	105	7,7	20
	4. — 28/5-11/6-9/7.	107	8,0	19
	5. Parathion 28/5-11/6-9/7.	113	8,0	26
Polyploïdes.....	1. Témoin.	100	8,1	34
	2. Déméton 28/5-9/7.	96	7,75	32
	3. — 11/6-9/7.	99	8,75	28
	4. — 28/5-11/6-9/7.	100	8,40	24
	5. Parathion 28/5-11/6-9/7.	91	8,15	29
Golstrup	1. Témoin.	100	8,0	41
	2. Déméton 28/5-9/7.	102	8,3	39
	3. — 11/6-9/7.	91	8,45	25
	4. — 28/5-11/6-9/7.	90	8,10	28
	5. Parathion 28/5-11/6-9/7.	85	8,10	26

Le tableau XXII indique le pourcentage de plantes atteintes de Jaunisse caractérisée relevé au début d'octobre, le rendement à l'ha de chaque parcelle et la densité.

Il est à signaler que les parcelles 3, 4 et 5 du lot ensemencé avec la variété Golstrup ont été fortement attaquées par le *Rhizoctonia*.

Des prélèvements de feuilles et de collets ont été faits dans le troisième lot afin de déterminer le poids à l'ha pour les différentes parcelles.

Témoin	38 800 kg
Déméton 28/5-9/7	42 000 kg
Déméton 11/6-9/7	41 500 kg
Déméton 28/5-11/6-9/7	44 000 kg
Parathion 28/5-11/6-9/7	38 700 kg

L'examen de ces chiffres montre que, pour les 3 lots, les parcelles ayant reçu 2 ou 3 traitements aphicides ont des pourcentages de pieds malades plus faibles que les témoins ; les différences de rendement ne sont pas significatives.

Essais réalisés en 1955. — Les buts de cette expérience étaient de déterminer l'influence sur le rendement :

— d'infestations artificielles de Jaunisse faites avec *M. persicae* ou *A. fabae* ;

— de traitements insecticides réalisés à 3 reprises avec le parathion à 20 g/hl soit 160 g MA/ha, ou avec le déméton à 50 g MA/hl soit 400 g MA/ha.

Le champ a été ensemencé en betteraves sucrières le 13 avril et a été divisé en 15 parcelles de 5 lignes soit 200 betteraves par parcelle, chaque parcelle étant séparée de sa voisine par un sentier de 90 cm. Il a été constitué 5 lots avec 3 répétitions :

A. — Témoin.

B. — Chaque Betterave a été infectée le 21 juin avec 5 aptères d'*A. fabae* qui avaient été élevés en serre sur des planchons atteints de Jaunisse. Ces pucerons ont été tués le 24 juin par un traitement au parathion à 160 g MA/ha.

C. — Chaque Betterave a été infectée le 22 juin avec 5 aptères de *M. persicae* élevés sur un planchon malade ; le traitement au parathion a été fait le 25 juin.

D. — Ce lot a été traité avec le parathion le 1er juin, le 22 juin et le 29 juillet.

E. — Il a été traité avec le déméton aux mêmes dates que le lot D.

Il a été relevé en moyenne dans le champ à la date du 1er juin les populations moyennes suivantes de pucerons sur 100 pieds : 11 *M. persicae* ailés et 1 larve, 35 *A. fabae* ailés et 4 larves aux 1er-3e stades, 4 *M. solanifolii* et 1 larve ; cette densité anormalement élevée de *M. persicae* était dûe au voisinage immédiat d'une parcelle de Colza d'hiver.

TABLEAU XXIII

Nombre de pucerons sur 100 *pieds et rendement. Essai* 1955.

Lots	Nombre de pucerons								Rend[t]
	20 juin					28 juillet			
	A. fabae		*M. persicae*			*A. fabae*			
	C	A	L	A	L	C	A	L	
A. Témoin	31	11	23	2	12	41	0	12	100
B. Infestation *A. fabae* 1 trait. parathion	28	9	19	1	11	9	2	0	104
C. Infestation *M. persicae* 1 trait. parathion	23	12	18	1	14	8	9	4	102
D. 3 traitements parathion	25	13	22	5	18	7	12	0	106
E. 3 traitements déméton	8	15	19	0	11	9	2	0	111

Cette expérience montre que le parathion ou le déméton appliqués le 1er juin ou le 22 juin n'ont pas empêché le développement de colonies d'*A. fabae*. Le déméton a entraîné une augmentation du rendement de 11 p. 100 ; mais il y avait à la fin du mois d'août 98 p. 100 de plantes atteintes de Jaunisse. L'infestation par *M. persicae* a diminué plus fortement le rendement que celle qui a été réalisée avec *A. fabae*.

La comparaison des lots A, B et C montre que l'action directe des pucerons a eu un effet plus défavorable sur le rendement que les contaminations précoces réalisées dans les lots B et C, les Aphides existant sur les betteraves de ces deux lots ayant été détruits par le traitement au parathion exécuté les 24 et 25 juin.

M. M. DESPREZ (communication verbale) a réalisé en 1955 à Cappelle (Nord) un essai en « split-plot » à 4 répétitions ; chaque bloc était disposé en deux sous-blocs comprenant chacun 8 variétés ; le semis a été fait le 31 mars et il a été appliqué 7 traitements (2 et 22 juin, 1,8,15,22, et 29 juillet) avec du déméton à 200 g de MA dilués dans 800 l d'eau/ha ; il n'a pas été constaté d'action significative du traitement sur le rendement en racines mais il a été observé des différences de sensibilité à la Jaunisse entre les variétés.

En 1955 également, l'Institut Technique français de la Betterave industrielle a procédé en plusieurs communes de la Beauce ainsi qu'en Seine-et-Marne à deux applications de déméton à 500 g MA/ha dilués dans 600-800 l/ha ou de lindane en émulsion ; le premier traitement a été fait entre le 2 et le 15 juin et le second traitement entre le 23 et le 30 juin. Les rendements furent déterminés par la pesée de 300 betteraves prélevées dans chaque parcelle ; dans 2 cas sur 5, ceux des témoins et des lots traités furent identiques ; pour les trois autres, le rendement des lots traités fut en moyenne supérieur de 6 p. 100 à celui du témoin.

Les résultats obtenus en France et en Allemagne sont donc très différents ; les divers essais relatés précédemment et se rapportant à des betteraves-racines montrent que dans notre pays l'application de produits endothérapiques donne des résultats nuls ou des augmentations de rendement généralement inférieures à 10 p. 100. En Allemagne presque tous les expérimentateurs concluent de leurs essais que l'application sur les betteraves-racines de 2 ou 3 pulvérisations de déméton présente un intérêt économique. Les essais effectués en Angleterre et en Hollande et mentionnés au début de ce chapitre ont donné des résultats très irréguliers, favorables ou défavorables à l'emploi de substances endothérapiques.

La recherche des causes de ces différences présente un certain intérêt ; elle permet en effet d'orienter des expériences ultérieures et même de formuler des conclusions sur un certain nombre de points.

L'examen comparatif des populations aphidiennes relevées en Allemagne et dans mes essais montre que la densité de population, notamment de *M. persicae*, est considérablement plus élevée en Allemagne qu'en France, ce qui est dû vraisemblablement au climat plus continental et à une plus forte concentration de la culture de la Betterave.

L'action déprimante directe des pucerons occasionnée par les piqûres est donc beaucoup plus élevée en Allemagne qu'en France. Par ailleurs la présence d'un grand nombre de *M. persicae* assure une transmission beaucoup plus importante de la Jaunisse et, ainsi qu'il en a été fait mention au début du chapitre, de races de virus beaucoup plus actives que ne le font les ailés d'*A. fabae*.

Dans la région parisienne et la Beauce, la contamination se fait principalement par *A. fabae* ; elle a lieu sensiblement en même temps que celle qui est opérée par *M. persicae* en Allemagne mais la Jaunisse transmise par *A. fabae* a une action beaucoup plus faible sur le rendement et elle se manifeste plus tardivement. Il est d'observation courante, et Steudel et Heiling 1954 ont donné des chiffres significatifs à ce sujet, que les feuilles atteintes de Jaunisse ont une population aphidienne plus élevée que les feuilles d'apparence saine ; il semble, en outre, qu'elles assurent une fécondité plus élevée des pucerons.

Il semble donc que dans la Rhénanie ou la Westphalie, la forte densité initiale de *M. persicae* entraîne une série de particularités qui aboutissent à une diminution importante du rendement. Si l'on réduit très fortement cette population initiale, on doit obtenir une augmentation notable de la récolte ; ceci explique les observations faites par les auteurs allemands ; les traitements à base de déméton sont d'autant plus intéressants que la Jaunisse est plus grave, ce qui sous-entend que la population de *M. persicae* est plus forte ; mais que les champs soient traités ou non, près de 100 p. 100 des plantes sont atteintes de Jaunisse dans le cours de l'automne.

IV. — PROTECTION DE LA POMME DE TERRE CONTRE LES MALADIES A VIRUS

Les quatre principales maladies à virus de la Pomme de terre transmissibles par les pucerons sont : l'Enroulement (*Corium solani*), la Mosaïque (virus A, *Marmor solani*), la Bigarrure (virus Y, *Marmor upsilon*) et la Mosaïque aucuba (virus *G.* ou *Marmor aucuba*).

Les virus de la Mosaïque, de la Bigarrure et de la Mosaïque aucuba appartiennent au groupe des virus non persistants ; le virus de la Bigarrure ne reste pas actif dans ses différents vecteurs plus de 12 heures et il est facilement transmis à une plante saine après une courte période d'alimentation sur une plante malade (WATSON et ROBERTS 1939).

Celui de l'Enroulement est un virus persistant. D'après SMITH (1931) il est nécessaire, pour que la transmission ait lieu, que le vecteur s'alimente pendant au moins 6 heures sur une plante malade et au moins durant 2 heures sur une plante saine ; la durée minimum d'incubation est de 48-49 heures pour SMITH (1931) et KASSANIS (1952), de 20 heures à 25° pour DAY (1955) ; d'après cet auteur, dans certains cas, l'absorption et la transmission de virus peuvent se faire en 2 heures.

Ces virus sont transmis par plusieurs espèces de pucerons ; dans quelques cas, les opinions sont contradictoires (HEINZE 1951).

La Mosaïque est transmise par *Myzodes persicae* SULZ, *Neomyzus circumflexus* BUCKT, *Macrosiphum solanifolii* ASHM ; aux Etats-Unis, elle est également transmise par *Medoralis nasturtii* KALT.

Les vecteurs de la Bigarrure sont *M. persicae*, *M. solanifolii*, M. *nasturtii* et *N. circumflexus* ; *Myzus ornatus* LAING, *Pyrethromyzus sanborni* GILL. *Cavariella pastinacae* L., *Dysaulacorthum pseudosolani* THEO, *Aphis fabae* SCOP le transmettent occasionnellement. L'importance de *M. nasturtii* est controversée ; il est considéré en Norvège comme le principal agent de transmission du virus Y (BJORNSTAD 1948).

La Mosaïque aucuba est transmise par *M. persicae*, *M. nasturtii*, *Hyperomyzus lactucae* L., *N. circumflexus* et *D. pseudosolani*.

L'Enroulement est transmis par *M. persicae*, *N. circumflexus*, *D. pseusosolani*, *M. solanifolii*, et *M. nasturtii* (LOUGHNANE 1943).

D'après MAC CARTHY (1954), l'Enroulement n'est transmis que par *M. persicae*, *M. ornatus*, *M. circumflexus*, *M. ascalonicus* et *M. solanifolii* ; cette dernière espèce ne transmet pas l'Enroulement d'après SMITH (1929) et COTTIER (1931) ou difficilement (DAY 1955).

Il existe une autre espèce d'Aphide, *Rhopalosiphoninus latysiphon* DAVIDS., qui est commune sur les germes de pommes de terre mises en clayette ; il est possible qu'elle puisse transmettre des maladies à virus mais il n'a pas encore été fait d'expérience probante (1).

(1) WENZL (*Pflanz. Ber. Bund. f. Pflanz. 1956*). a obtenu avec cette espèce la transmission de l'Enroulement dans la proportion de 5 cas sur 100.

A. — Fluctuations des populations aphidiennes.

Des relevés de populations aphidiennes ont été effectués depuis 1947 à Versailles et en Bretagne sur des pommes de terre de la var. Bintje ; il a été compté les ailés, les nymphes, les aptères et les larves sur une feuille

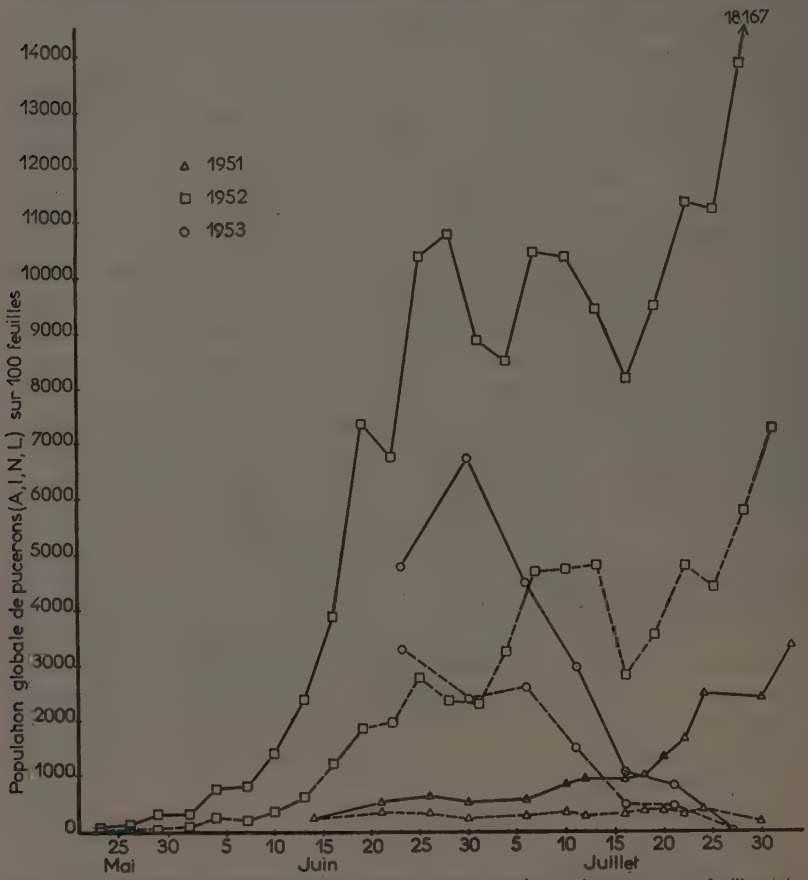


Fig. 10. — Population aphidienne globale (aptères, ailés, nymphes et larves sur 100 feuilles (1/3 supérieures, 1/3 moyennes, 1/3 inférieures) de pomme de terre, var. Bintje. Versailles 1951, 1952, 1953 ; en trait pointillé : *M. persicae*, *M. solanifolii* et *D. pseudosolani* ; en trait pleins les espèces précédentes et, en plus, *M. nasturtii*.

inférieure, une feuille moyenne et une feuille supérieure de 100 pieds pris au hasard ; les chiffres obtenus ont été rapportés à 100 feuilles. A Versailles *M. nasturtii* est de beaucoup l'espèce la plus commune. Le graphique n° 10 indique les nombres globaux de pucerons (aptères, larves, nymphes et ailés) relevés sur 100 feuilles ; le graphique n° 11 ne concerne que les nymphes et les ailés. Dans les deux cas, les courbes en pointillé se rapportent

à *M. persicae*, *M. solanifolii* et *D. pseudosolani* ; les courbes en trait plein indiquent le total des espèces précédentes et de *M. nasturtii*.

En 1953 les relevés de populations aphidiennes sur les pommes de terre ont été complétés par la notation des pucerons dans des pièges de MOERICKE, 5 de ces pièges ont été placés dans les cultures de la Station Centrale d'Amélioration des plantes comprenant une surface sensiblement égale de pommes de terre (var. Bintje), de betteraves, de Crucifères oléagineuses, de Céréales, de Luzerne et de plantes diverses. Ces cultures sont entourées de bois de toutes parts : les observations ont été faites tous les 2 à 3 jours du 30 mai au 26 juin, et tous les jours du 27 juin au 24 juillet ; aucun Puceron vecteur n'a été capturé du 24 juillet au 13 août.

Les vols (fig. 12) n'ont été importants qu'au cours de la première quinzaine de juillet ; les espèces les plus nombreuses ont été *M. nasturtii*, *M. persicae* et *M. solanifolii*.

L'examen comparatif du nombre moyen par décade de nymphes et d'ailés relevés sur les pommes de terre et du nombre de pucerons capturés dans les pièges révèle que les proportions des prises diffèrent suivant les espèces.

TABLEAU XXIV

Proportion de pucerons capturés dans 5 pièges de MOERICKE *et des pucerons dénombrés sur 100 feuilles de pomme de terre, Var. Bintje. Versailles 1953.*

Espèces d'aphides	Périodes d'observation			
	21-30 juin	1-10 juil.	11-20 juil.	21-30 juil.
M. persicae :				
Nombre moyen sur plantes	442	229	92	17
Captures aux pièges	48	270	143	10
Proportion captures/nombre	0,1	1,1	1,4	0,5
M. nasturtii :				
Nombre moyen sur plantes	485	195	78	24
Captures aux pièges	52	293	69	9
Proportion captures/nombre	0,1	1,5	0,8	3,7
M. solanifolii :				
Nombre moyen sur plantes	4	13	1	1
Captures aux pièges	27	166	39	5
Proportion captures/nombre	6,7	12,7	39	5
D. pseudosolani :				
Nombre moyen sur plantes	54	4	4	0
Captures aux pièges	2	23	10	0
Proportion captures/nombre	0,03	5,7	2,5	0

On voit que les captures dans les bacs des ailés de *M. persicae* et de *M. nasturtii* sont relativement faibles eu égard aux chiffres relevés sur les plantes ; celles de *D. pseudosolani* et de *M. solanifolii* sont, au contraire, très élevées.

Au cours de la période comprise entre le 21 juin et le 30 juillet, la

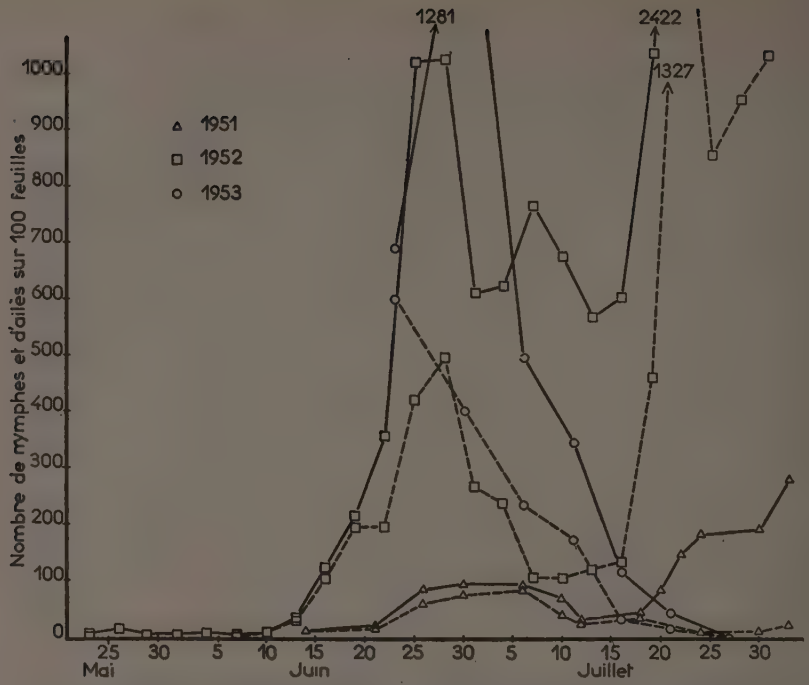


FIG. 11. — Nombre de nymphes et d'ailés sur 100 feuilles (1/3 supérieures, 1/3 moyennes, 1/3 inférieures) de pomme de terre, var. Bintje. Versailles 1951, 1952, 1953 ; en pointillé : *M. persicae*, *M. solanifolii* et *D. pseudosolani* ; en trait plein, les 3 espèces précédentes et en plus *M. nasturtii*.

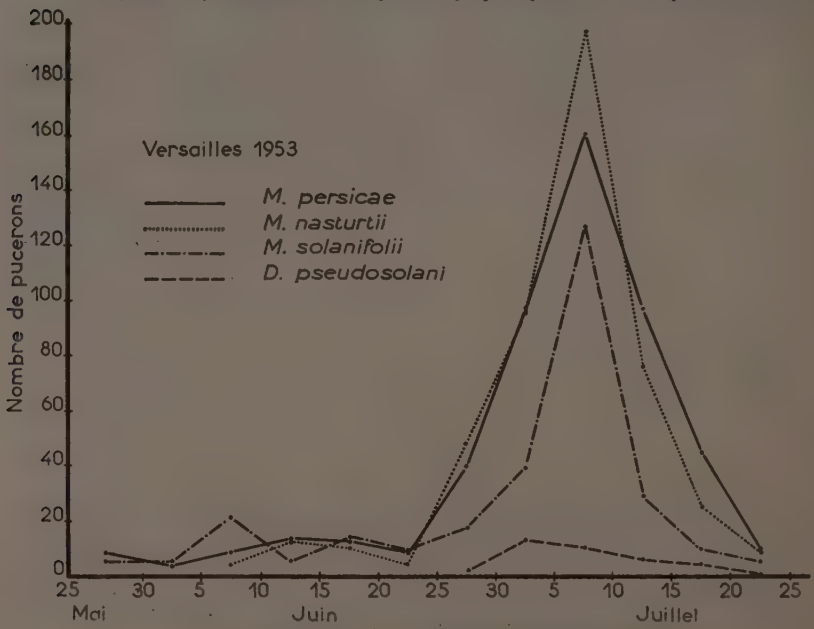


FIG. 12. — Captures de pucerons dans 5 pièges de MOERICKE, Versailles 1953.

température étant constamment élevée, il est difficile d'établir une corrélation entre la température et l'importance des prises dans les pièges de MOERICKE (les températures moyennes par décade ont été les suivantes : 21-30 juin : 18,3 ; 1-10 juillet : 18,0 ; 11-20 juillet : 16,2 ; 21-30 juillet : 17,5). Il y a par contre une corrélation positive marquée entre l'importance des prises et la maturité de la plante.

B. — Essais de traitements.

Un assez grand nombre d'expériences ont été faites en vue de la protection de la Pomme de terre contre les maladies à virus. Jusqu'en 1945, il n'a guère été utilisé que la nicotine et, si l'on a constaté une nette diminution de la population aphidienne, il a rarement été observé un abaissement de la proportion des plantes malades (SIMPSON 1932, OPITZ 1940, KLAPP 1942, HEINZE 1949). BRONSON, SMITH et SIMPSON (1946) ont utilisé le D. D. T. sans succès.

CAIRASCHI et CARTON (1951) ont traité de vastes surfaces de pommes de terre avec du parathion en pulvérisation ou en poudrage appliqué à deux reprises ; les parcelles traitées avaient en moyenne 30 fois moins de pucerons que les lots témoins et il a été observé une diminution du pourcentage de plantes atteintes de maladies à virus plus ou moins marquées suivant les conditions de milieu. Par contre, en Allemagne, RONNEBECK (1952) n'a pas obtenu de résultats satisfaisants avec le même insecticide.

MUNSTER et MURBACH (1952) ont utilisé le schradan à 0,2 p. 100 de 3 façons : traitements tous les 14 jours, tous les 21 jours et tous les 28 jours, soit respectivement 5 (du 5 juin au 1er août), 3 (du 5 juin au 17 juillet) et 3 (du 5 juin au 1er août) traitements. Ils ont noté une réduction du nombre des pucerons de plus de 90 p. 100 au moment du maximum de la population aphidienne mais celle-ci n'a pas entraîné une diminution du pourcentage de plantes malades.

HEINZE (1954) a essayé le parathion et le déméton ; il remarque que le déméton a une plus grande persistance d'action que le parathion mais qu'il est, comme ce dernier, incapable de réduire fortement la contamination.

RONNEBECK (1952-1954) signale que des expériences poursuivies pendant plusieurs années ont montré que jusqu'au moment de l'apparition des virginipares ailés de *M. persicae*, les maladies à virus de la Pomme de terre sont transmises essentiellement par les aptères et que ces infections peuvent être prévenues avec succès par des pulvérisations de déméton. La première pulvérisation doit être faite très tôt c'est-à-dire avant le début de la floraison du Seigle d'hiver ; le traitement doit être répété à 1 ou 2 reprises à des intervalles de 10 à 15 jours.

En Hollande, SCHEPERS, REESTMAN et HILLE RIS LAMBERS (1955)

ont essayé comparativement, sur la variété Bintje, le D. D. T. appliqué à 5 reprises, et le déméton à la concentration de 150 g MA/hl et à 1 500 l/ha; des lots ont été traités tous les 10 jours soit 8 fois, d'autres seulement 3 fois (peu de temps après la levée (12 mai),avant le vol des virginipares de *M. persicae* (26 juin), et après le maximum de vols (15 juillets)). Les pourcentages de plantes atteintes d'Enroulement ont été de 21,4 p. 100 pour le témoin, de 14,2 dans les lots traités avec le D. D. T., de 2,9 et de 1,0 dans les lots traités 3 ou 8 fois avec le déméton. Mais les infections importantes ayant lieu après la mi-juillet l'intérêt des traitements diminue considérablement lorsque l'on détruit les fanes avant la maturité ; pour les 2 variétés utilisées (Bintje et Eigenheimer), les pourcentages moyens de plantes malades étaient respectivement de 0,9 p. 100 pour le témoin, de 0,2 p. 100 et de 0,5 p. 100 pour les lots traités 2 fois ou 9 fois avec le déméton.

Spindler (1955) a essayé l'isolan à 10 ou 40 p. 100, un mélange de 10 p. 100 d'isolan et de 10 p. 100 de pyrazoxon, le déméton à 20 p. 100, à la concentration uniforme de 500 g de MA/ha, les traitements étant effectués à 2,3 ou 4 reprises ; il n'y a pratiquement pas eu de pucerons dans les lots traités à 2 (26 mai et 8 juin) ou à 3 reprises (26 mai-8 juin-16 juin) jusqu'au 26 juin (mais il n'a été trouvé sur les lots témoins que 2 ailés entre le 26 mai et le 26 juin) ; la population aphidienne a brusquement augmenté par la suite dans tous les lots traités et il n'y a pas eu de corrélation entre le rendement et le nombre des traitements.

Essai n° 1. — (var. Bintje), Cette expérience a été faite à Versailles en 1952 et comprenait 8 lots qui ont reçu un (3 juin) ou deux traitements (3 juin et 2 juillet) à 1 500 l/ha.

Les numérations ont porté sur 4 espèces d'Aphides (*Myzodes persicae*, *Medoralis nasturtii* Kalt, *Macrosiphum solanifolii* Ashm, *Dysaulocorthum pseudosolani* Theob. ; quelques autres espèces (*Aphis fabae* Scop., *Neomyzus circumflexus* Buckt) ont été groupées sous le titre « divers » ; il a été compté séparément les ailés et les nymphes (L), les aptères adultes et les larves (A) ; pour chaque lot les numérations ont porté sur 300 feuilles (100 feuilles inférieures, 100 feuilles moyennes, 100 feuilles supérieures) ; les chiffres mentionnés sur le tableau XXV sont rapportés à 100 feuilles. La dernière numération a été faite le 23 juillet soit 50 jours après le 1er traitement et 29 jours après le second.

Un autre essai a été effectué en parallèle sur des pommes de terre, des betteraves et des porte-graines de betteraves le 21 mai 1953 (voir tableau XVII) ; les chiffres mentionnés sur ce tableau ne concernent que les nymphes et ailés ou les aptères et les larves de *M. persicae* et de *M. solanifolii*.

Les vols de *M. persicae* ayant été très tardifs, il n'a été noté des pucerons que 27 jours après le traitement ; il semble que le déméton à la dose

de 1250 g/ha ait entraîné la mort des larves engendrées par les ailés jusqu'au 30e jour après le traitement.

L'examen du tableau XXV permet de remarquer que *M. solanifolii* est plus résistant aux divers aphicides essayés que les trois autres espèces de pucerons ; *M. nasturtii* et *D. pseudosolani* sont plus sensibles que *M. persicae*. Les quatre insecticides ont assuré une bonne protection pendant 15 jours mais celle-ci a été insuffisante avant le 20e jour ; le second traitement a assuré une protection satisfaisante jusqu'à la fin de la végétation.

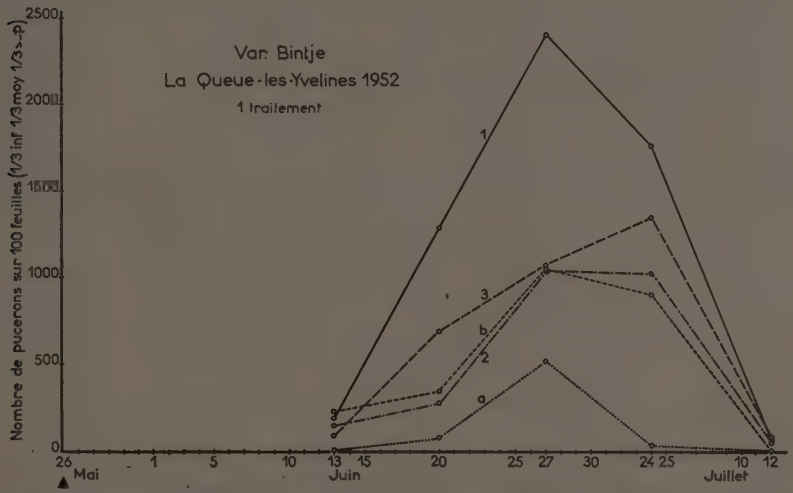


FIG. 13. — Nombre de pucerons (aptères, ailés, nymphes et larves) de diverses espèces sur 100 feuilles de pomme de terre, var. Bintje (La Queue-les-Yvelines). Lot traité le 26 mai 1952. 1. Parathion éthylé poudrage 150 g MA/ha ; 2. Parathion éthylé poudre mouillable en pulvérisation 200 g MA/ha ; 3. Parathion méthylé poudrage 220 g MA/ha ; *a*) Déméton 250 g MA/ha ; *b*) Isolan 200 g MA/ha.

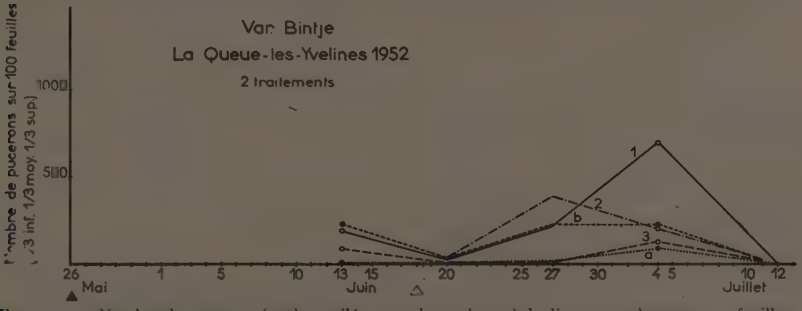


FIG. 14. — Nombre de pucerons (aptères, ailés, nymphes et larves) de diverses espèces sur 100 feuilles de pomme de terre var. Bintje. La Queue-les-Yvelines. Lot traité le 26 mai et le 18 juin 1952. Même légende que la figure 13.

Parallèlement aux essais précédents effectués sur de petites parcelles et avec des pulvérisateurs à dos, il a été fait en 1952 et en 1953 plusieurs essais dans des champs d'une superficie de 10 à 15 ha.

TABLEAU XXV. — *Essais sur pomme de terre Var. Bintje-Versailles-1952.*

Produits essayés et espèces de pucerons	Nombre de jours après le 1er traitement																					
	1		6		10		15		20		25		30		35		43		50			
	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A		
1. *Témoin :*																						
M. persicae	44	110	12	520	20	160	11	220	44	810	240	2 350	80	1 530	20	1 130		180		0		
M. nasturtii					8		15	250		760		730		970		20						
M. solanifolii	4	80		220	46	220	41	90	86	440	41	370	10	510		110	10	100		40		
D. pseudosolani										130	38	420	12	10		80						
Divers		130			42	80	46	180		40	10	90										
	48	320	12	740	116	460	113	340	130	2 180	329	3 960	102	3 020	20	1 340	10	280		40		
2. *Parathion émulsion* 220 g/ha, 1 traitement :																						
M. persicae		22							14	370	105	1 420	40	1 030	10	850		250		10		
M. nasturtii												210		150		230		230		10		
M. solanifolii			16	22	20	14	20	22	44	190	20	290	50	540		250		50		10		
D. pseudosolani										40	10	340	20	190		30		40		0		
Divers							88	44														
		22	16	22	20	14	108	66	58	600	135	2 260	110	1 910	10	1 360		570		30		
3. *Schradan* 1950 g/Ma, 1 traitement :																						
M. persicae									8	70	20	900	42	1 190		430		20	10	30		
M. nasturtii														230		210				20		
M. solanifolii	18					46		70	23	200	20	250	24	410		40		10				
D. pseudosolani											14	220	8	10								
Divers					44		22	110	18	20												
	18				44	46	22	180	49	290	54	1 370	74	1 840		680		30		50		
4. *Isolan* 300 g/Ma, 1 traitement :																						
M. persicae		20							64	680	150	1 230	40	1 850		1 420		180		10		
M. nasturtii										20	30	140		210		510		110		12		
M. solanifolii	18				22					40	52	420	30	390	10	370		250		20		
D. pseudosolani												230		150		50						
Divers	24		12		20		42	150	18		10	20										
	42	20	12		42		42	150	82	740	242	2 040	70	2 650	10	2 350		540		42		

TABLEAU XXV *(suite)*.

Produits essayés et espèce de pucerons	Nombre de jours après le 1er traitement																					
	1		6		10		15		20		25		30		35		43		50	
5. *Déméton* 750 g/ha, 1 traitement :																				
M. persicae									24	510	70	1 330	2 200		960		70		10	
M. nasturtii										60		110	260		610		30			
M. solanifolii					22		110	180	26	190	30	310	10	910	20	160	120			
D. pseudosolani											20	390	12	50		30				
Divers	21				26	80	46	530												
	21				48	80	156	710	50	760	120	2 140	22	3 420	20	1 760	220		10	
6. *Schradan* 1950 g/ha, 2 traitements :																				
M. persicae										60	36	840	170		30					
M. nasturtii											28	180	10						10	
M. solanifolii	16					42		90	26	180		160	10				10			
D. pseudosolani									20	230		390								
Divers					26		18	100	16	20										
	16				26	42	18	190	52	490	64	1 570	190		30		10		10	
7. *Isolan* 300 g/ha, 2 traitements :																				
M. persicae		20							62	640	120	1 150	10						10	
M. nasturtii										10							10			
M. solanifolii	18				18					30	20	510					10			
D. pseudosolani												230								
Divers	14		8		12		32	120	14											
	32	20	8		30		32	120	76	680	140	1 890	10				20		10	
8. *Déméton* 750 g/ha, 2 traitements :																				
M. persicae									22	480	120	1 130					10			
M. nasturtii										50										
M. solanifolii					16		90	140	12	120	30	190								
D. pseudosolani												250								
Divers	14				20	70	32	420			10	20								
	14				36	70	122	560	34	650	160	1 590					10			

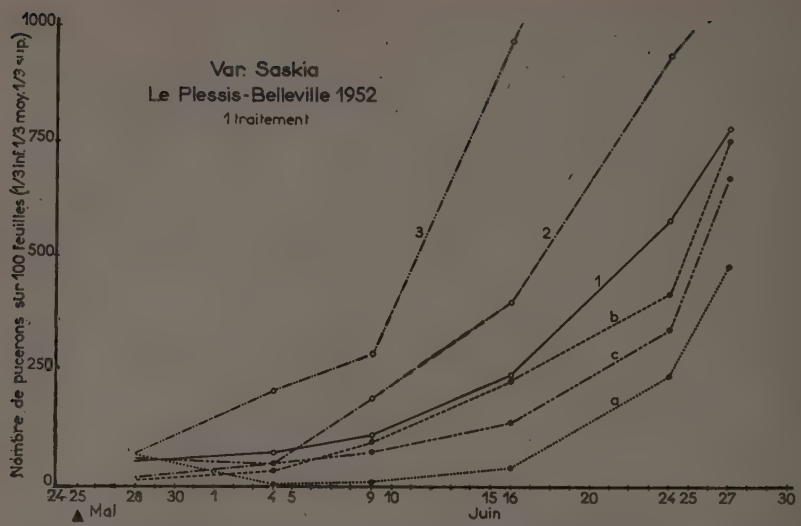


FIG. 15. — Nombre de pucerons (aptères, ailés, nymphes et larves) de diverses espèces sur 100 feuilles de pomme de terre var. Saskia. Le Plessis-Belleville. Lot traité le 25 mai. 1. Parathion éthylé poudrage 150 g MA/ha ; 2. Parathion éthylé ; poudre mouillable en pulvérisation 200 g MA/ha ; 3. Parathion éthylé en émulsion 120 g MA/ha ; *a*) Déméton 250 g MA/ha ; *b*) Isolan 200 g MA/ha ; *c*) Schradan 550 g MA/ha.

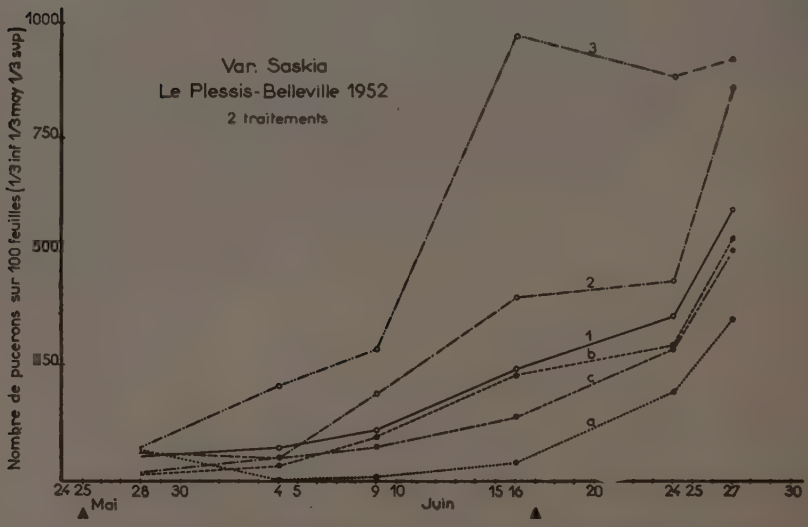


FIG. 16. — Nombre de pucerons (aptères, ailés, nymphes et larves) de diverses espèces sur 100 feuilles de pomme de terre var. Saskia. Le Plessis-Belleville. Lot traité le 25 mai et le 17 juin 1952. Même légende que la figure 15.

Essais de traitements réalisés en 1952. — Ces expériences ont été faites en deux endroits : à la Queue-les-Yvelines (S.-et.O.) dans un champ planté en Bintje A et au Plessis-Belleville (Oise) dans une culture de Saskia. A la Queue-les-Yvelines les poudrages ont été faits à la dose de 18 kg/ha et les pulvérisations à 550 l/ha ; au Plessis-Belleville, le poudrage a été réalisé à la dose de 30 kg/hl et les pulvérisations à 950 l/ha.

Ces essais ont été faits avec 3 répétitions : les champs étaient divisés transversalement en 5 bandes à la Queue-les-Yvelines et en 3 bandes au Plessis ; les parcelles appartenant aux séries A-B-C-D étaient traitées avec les différents produits à 1, 2 ou 3 reprises aux dates suivantes :

— La Queue-les-Yvelines — série A — 1 traitement (26 mai) ; B — 2 traitements (26 mai, 18 juin) ; C — 3 traitements (26 mai, 18 juin, 9 juillet) ; D — 2 traitements (18 juin, 9 juillet) ; E — Témoin.

— Le Plessis-Belleville — Série A : 1 traitement (25 mai) ; B — 2 traitements (25 mai, 17 juin) ; C — 3 traitements (25 mai, 17 juin, 29 juin).

Le 3e traitement (série C) a été fait pour tous les lots avec du parathion poudrage ; il n'a été trouvé que quelques pucerons après ce traitement.

Il a été relevé les nombres de pucerons ailés et de nymphes, d'aptères et de larves sur 100 feuilles (1/3 feuilles inférieures, 1/3 feuilles moyennes, 1/3 feuilles supérieures) une fois par semaine ; les ailés n'ont été assez nombreux qu'à partir du 16 juin.

Le poudrage à base de lindane, les pulvérisations à base de D. D. T., de lindane et de dieldrine ont fait preuve d'une efficacité nettement insuffisante.

Au Plessis-Belleville, la population aphidienne a été moins élevée ; quelques pucerons ailés (*M. nasturtii*, *M. persicae*) ont été trouvés le 19 mai.

Ces expériences montrent que le parathion éthylé poudrage est, à quantité égale de MA, plus efficace que le parathion en suspension ou en émulsion ; cela est vraisemblablement dû à ce qu'il atteint plus facilement la face inférieure des feuilles. Il est à noter cependant que ces traitements ont été effectués en période chaude et sèche ; il se pourrait que les résultats soient inversés par temps pluvieux.

Essais de traitements réalisés en 1953. — Deux essais ont été faits en 1953 avec des aphicides de contact et des insecticides endothérapiques.

L'une de ces expériences a été réalisée à Herbécourt, près de Péronne (Somme) dans un champ, appartenant à M. VANOYE, d'une superficie de 4,57 ha planté en Bintje. Le pourtour du champ a été traité sur une largeur de 30 m avec 20 g de parathion/hl (mélange par moitié de parathion en suspension et d'oléoparathion) afin d'éliminer la contamination de bordure. L'essai a porté sur 5 produits :

1) Parathion 200 g/ha ; 2) Schradan 1 200 g/ha ; 3) Isolan à 200 g/ha ;

TABLEAU XXVI

Essais sur pomme de terre (var. Bintje). La Queue-les-Yvelines — 1952.
Nombre de pucerons sur 100 feuilles.

Produits essayés et quantités MA/ha	Série	Dates des relevés et nombre de jours après le 1er traitement									
		13/6-18 j		20/6-25 j		27/6-32 j		4/7-39 j		12/7-47 j	
		L	A	L	A	L	A	L	A	L	A
Témoin		60	260	0	4 130	10	11 920	18	1 680	15	650
Parathion éthylé	A	0	190	0	1 290	0	2 420	0	1 770	0	50
Poudrage 150 g MA/ha	B				21	6	200	0	710	0	0
	D	52	340	0	130	6	250	0	790	0	0
Parathion méthylé	A	0	80	10	680	0	1 080	10	1360	0	80
Poudrage 220 g MA/ha	B			0	0	0	0	0	120	0	10
	D	45	410	0	90	2	80	0	150	0	0
Lindane	A	0	40	10	2 790	10	1 930	40	690	0	110
Poudrage 150 g MA/ha	B			30	270	20	420	30	150	0	0
	D	70	390	20	340	15	490	35	140	0	0
D. D. T. émulsion 600 g MA/ha	A	0	110	75	2 310	0	3 720	0	3 770	0	30
	B			9	690	80	740	0	720	0	10
	D	42	330	0	920	82	950	0	170	0	30
Dieldrine émulsion 180 g MA/ha	A	0	160	0	780	140	3 380	70	630	0	0
	B			0	50	50	570	60	950	0	0
	D	75	420	0	1 200	38	1 010	0	270	0	0
Lindane émulsion g MA/ha	A		290	40	1 340	106	8 830	0	960	0	120
	B			0	1 420	150	1 780	80	1 590	0	0
	D	86	510	0	1 060	78	950	0	250	0	0
Isolan pulvérisation 200 g MA/ha	A	0	220	32	310	150	910	20	1 890	0	0
	B			0	30	52	170	10	210	0	0
	D	68	470	0	90	0	70	0	60	0	0
Déméton pulvérisation 250 g MA/ha	A	0	0	0	60	0	520	0	30	0	0
	B				0	0	0	0	90	0	0
	D	72	410		10	0	0	0	0	0	0

A. 1 traitement (26 mai). — B. 2 traitements (26 mai-18 juin). — D. 2 traitements (18 juin-9 juillet).

4) Isolan à 10 p. 100 MA + Pyrazoxon à 10 p. 100 MA, à 200 g/ha ; 5) Déméton 400 g/ha.

Les traitements ont été exécutés le 11 juin et le 25 juin avec un pulvérisateur débitant 1 000 l/ha. Le 4 juillet, il n'y avait pratiquement pas de pucerons dans toutes les parcelles alors que la population aphidienne était assez importante dans un champ de Bintje contigu non traité.

TABLEAU XXVII.

Essais sur pomme de terre (var. Saskia). Le Plessis-Belleville — 1952 — Nombre de pucerons sur 100 feuilles.

Produits essayés et quantités MA/ha	Série	Dates des relevés et nombre de jours après le 1er traitement											
		28/5		4/6		9/6		16/6		24/6		27/6	
		L	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A
Témoin		15	146	12	950	4	1580	2	2350	58	3010	180	3900
Parathion éthylé poudrage 150 g MA/ha..	A	8	40	2	70	1	110	2	240	21	550	113	720
	B									18	340	81	510
Parathion éthylé suspension 200 g MA/ha.	A	3	9	2	40		160	6	390	14	930	103	980
	B									10	420	94	760
Parathion éthylé émulsion 120 g MA/ha ..	A		70	1	210	1	290	6	960		2430	138	3610
	B									18	870	43	880
Schradan — 550 MA/ha	A	2	60	1	30	5	260	2	130	16	330	40	640
	B									15	270	54	450
Isolan 200 g MA/ha	A	8	7	1	30	1	90	3	220	46	370	86	590
	B									21	270	53	480
Demeton 250 g MA/ha ..	A		67		2		7	8	30	3	230	50	430
	B									8	190	60	290

A. 1 traitement (25 mai). — B. 2 traitement (25 mai-17 juin)

Un second essai a été fait à Marœuil (Pas-de-Calais) dans un champ (var. Voran) appartenant à M. DUCROQUET. Le champ a été divisé en quatre parties : un lot témoin, un lot traité avec du parathion en suspension à 200 g/MA/ha, un lot traité avec un mélange à quantités égales en MA de parathion en suspension et d'oléoparathion à 78 p. 100 d'huile blanche et 3 p. 100 de parathion à 200 g MA/ha et un lot traité avec du déméton à 400 g MA/ha. Les pulvérisations ont été faites le 30 juin (il y a eu une faible précipitation dans la soirée) et le 2 juillet ; les numérations de pucerons ont été faites par M. CARPENTIER, contrôleur local.

Il avait été prévu lors de la réalisation des essais effectués en 1952 et 1953 la plantation, l'année suivante, de tubercules récoltés dans les différents lots traités afin de déterminer l'influence des traitements sur la propagation des maladies à virus. Par suite de diverses difficultés

TABLEAU XXVIII

Nombre de pucerons comptés sur 100 *feuilles* (50 *inférieures et* 50 *supérieures*). *Marœuil* (*Pas-de-Calais*).

Produits essayés et quantités MA/ha	Dates des relevés et nombre de jours après le 1er traitement											
	30/6-0 j		11/7-11 j		15/7-15 j		20/7-20 j		23/7-23 j		4/8-35 j	
	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A	L	A
Témoin	18	1380	41	1970	22	1340	31	1670	56	1720	36	818
Parathion susp. 200 g	16	1320	1	34	0	28	4	72	0	2	0	0
Parathion + oléoparathion 200 g	19	1370	1	91	0	68	4	134	0	10	0	4
Déméton 400 g	12	990	2	43	0	18	14	40	0	2	0	2

matérielles, ce travail n'a pu être fait qu'avec l'essai fait au Plessis-Belleville en 1952 ; le pourcentage de plantes malades ayant été très faible chez le témoin, les notations, qui ont été opérées à plusieurs reprises, n'ont pas donné de résultats significatifs.

Ces essais permettent cependant de tirer un certain nombre de conclusions. En ce qui concerne le parathion, la dose la plus recommandable (compte tenu du prix de revient) exprimée en matière active à l'ha est de 175-200 g tant en pulvérisation qu'en poudrage pour les traitements réalisés à la fin du mois de mai ; elle est de l'ordre de 225-250 g à partir de la mi-juin pour des cultures ayant une population aphidienne élevée et de 200-225 pour une faible densité.

Les trois produits endothérapiques essayés, et notamment le déméton, sont généralement plus efficaces que le parathion ; les essais effectués à différentes doses dans les expériences précédentes permettent de préconiser des pulvérisations à 600 ou 1 000 l/ha suivant l'importance du feuillage d'après les résultats des essais mentionnés précédemment et d'essais réduits qui n'ont pas été cités : la quantité de déméton la plus recommandable est de 400 g/ha pour un traitement effectué sur des plantes à faible développement foliacé à 600 g/ha pour les pommes de terre sur le point de parvenir à leur croissance foliaire maximum.

V. — CONCLUSIONS

A. — Traitement des graines, racines et tubercules.

Parmi les produits essayés en traitement par trempage des graines, le produit le plus intéressant est l'isolan ; la dose la plus recommandable varie entre 150 et 300 g MA/hl suivant les espèces végétales. Le traitement par immersion présente l'inconvénient de nécessiter des manipu-

lations assez importantes ; il présente un certain intérêt pour les graines qui sont semées à la main (Fève, Fèverole, Haricot). Si l'on envisage le semis à la machine il est nécessaire que les graines soient bien séchées en surface, ce qui peut être obtenu en étalant les graines dans un local fortement ventilé. En se référant aux résultats très satisfaisants qui ont été obtenus par l'enrobage à sec des graines avec des substances ayant une action en profondeur (lindane, parathion, etc.) contre des Insectes s'attaquant au feuillage (altises du Colza, BONNEMAISON et JOURDHEUIL 1954) il semble que l'emploi d'insecticides endothérapiques en enrobage à sec présenterait un certain intérêt.

La technique du traitement des semences est plus spécialement avantageuse pour la protection des plantes qui sont semées assez tard, c'est-à-dire de la mi-mai à la mi-juillet, les plantules étant exposées à être attaquées par les Pucerons dès leur levée ; elle présente d'autant moins d'intérêt que les semis sont faits plus précocement.

En ce qui concerne les racines ou les tubercules, les substances existant actuellement ne peuvent être recommandées sous la forme de traitements liquides ; ici aussi, le traitement par poudrage (qui pourrait être fait à l'aide d'une poudreuse à main) pourrait être avantageux dans quelques cas.

B. — Traitements par pulvérisation ou par arrosage.

Des essais ont été faits en serre avec le parathion en émulsion ou un mélange de parathion en suspension et d'oleoparathion, le schradan, l'isolan, le déméton afin de préciser les quantités optima de MA par hl ou par ha et les relations existant entre la mortalité des aphides (*M. persicae*, *B. brassicae*) et la durée de séjour des pucerons sur les plantes traitées. On peut déduire de ces essais que *M. persicae* est beaucoup moins sensible aux divers insecticides endothérapiques essayés que *B. brassicae* ; le parathion a sensiblement la même efficacité vis-à-vis des deux espèces.

Les ailés sont plus sensibles que les aptères à l'égard du parathion, du schradan, de l'isolan et du déméton. En tenant compte du prix de revient des traitements, la dose recommandable de MA/ha est en moyenne de 200 g pour le parathion et le déméton ; en ce qui concerne le schradan, la dose optimum est souvent de 2 500 g/ha mais il existe de grandes différences suivant les plantes et les espèces d'aphides à détruire.

Le traitement du sol avec les produits qui ont été essayés ne présente pas d'intérêt.

C. — Lutte contre la Jaunisse.

D'une façon générale, l'augmentation de rendement en betteraves ou en sucre observée à la suite de pulvérisations de déméton est attribuée à la diminution des chances d'infection par la Jaunisse ou tout au moins à un retard dans l'infection.

Il semble, qu'en fait, l'action favorable du déméton relève de trois causes : diminution du nombre des pucerons et par conséquent des dégâts occasionnés par l'action directe des piqûres, diminution des chances d'infection précoce de la Jaunisse et effet favorable du déméton sur la physiologie de la plante. Il ne peut pas être formulé de conclusion catégorique quant à l'efficacité des traitements endothérapiques, car il existe des relations assez complexes entre l'action du produit, les espèces de pucerons et les conditions de pullulation de ceux-ci, la forme du végétal (porte-graine, betterave-racines ou planchon) et la croissance de celui-ci.

1° **Espèce de Puceron et conditions de pullulation.** — Le Puceron vert du Pêcher (*M. persicae*) est incontestablement un vecteur plus actif de la Jaunisse que le Puceron noir de la fève (*A. fabae*) ; il transmet le virus plus facilement que le Puceron noir, et l'infection qu'il entraîne a une action plus déprimante sur la plante ; il semble en outre, qu'il puisse assurer des contaminations à une plus grande distance.

Dans les principaux centres de production betteravière de la France, le Puceron noir est beaucoup plus fréquent que le Puceron vert, il se multiplie parfois énormément et relativement tôt, de sorte qu'il peut envahir des betteraves qui ne présentent que 2 ou 3 feuilles. Ces invasions précoces peuvent être très préjudiciables aux betteraves, notamment si le printemps est sec. Dans les régions où il existe des cultures de porte-graines qui sont fréquemment très fortement attaquées par le Puceron noir, les pucerons ailés qui proviennent de ces colonies assurent une contamination précoce des betteraves-racines par la Jaunisse.

Les pêchers sont relativement rares dans les principales régions de production betteravière ; il est évident qu'ils constituent un centre de dispersion des ailés de *M. persicae* et que des mesures plus rigoureuses de contrôle doivent être envisagées sur les betteraves situées dans leur voisinage.

Un autre centre de dispersion des pucerons verts est constitué pour les cultures de Colza ou de Choux qui, lorsque l'hiver n'est pas rigoureux, permettent la multiplication des virginipares aptères et la création d'un centre de dispersion des ailés mais, dans un cas comme dans l'autre, si les pucerons ailés peuvent envahir précocement les cultures de betteraves, ils n'assurent la transmission de la Jaunisse que lorsqu'ils trouvent, au cours de leur déplacement des plantes infectées (porte-graines ou betteraves abandonnées en terre, épinards, etc.). S'ils parviennent sur

des porte-graines, ils les abandonnent rarement, donnent naissance à des virginipares aptères qui engendreront des ailés infectieux mais ceux-ci ne parviendront sur les betteraves-racines qu'assez tardivement.

L'infection peut être au contraire importante et précoce avec les *Myzotoxoptera* ou les *Myzodes* qui se sont développés sur des betteraves ensilées ou sur des épinards d'hiver ; le rendement des betteraves-racines situées dans le voisinage pourra alors être fortement abaissé. Ce n'est que dans ces cas particuliers (champs situés à proximité des bâtiments de la ferme, de jardins ouvriers de serres ou de cultures maraîchères), qu'il pourra être avantageux d'appliquer des traitements avec des insecticides endothérapiques ; ils pourront parfois aussi se justifier dans les régions bénéficiant d'un climat semi-continental (Est de Châlons-sur-Marne).

2° **Possibilités et conditions d'emploi des insecticides.** — Nous avons vu au chapitre II que les insecticides endothérapiques n'entraînent pas une mortalité totale, même lorsque les pucerons sont laissés plusieurs jours sur des plantes traitées depuis peu de temps. La mort des pucerons n'a lieu qu'après plusieurs heures et elle se produit d'autant plus tard que le traitement est plus ancien ; le parathion a une action beaucoup plus rapide mais sa faible rémanence, qui, dans les conditions normales d'emploi, n'excède pas 4 à 5 jours, en diminue beaucoup l'intérêt ; une protection satisfaisante ne pourrait être obtenue qu'en effectuant des traitements tous les 5 jours.

Les pucerons vecteurs (*M. persicae* et *A. fabae*) étant capables de transmettre la Jaunisse presque immédiatement après l'ingestion du virus, l'application des produits endothérapiques ne permet pas d'éviter les contaminations primaires mais elle en diminue la proportion en réduisant la longévité des ailés et par conséquent le nombre de piqûres infectieuses ; leur action se manifeste essentiellement par la diminution des contaminations sécondaires ; elle sera d'autant plus marquée que les conditions de milieu conviendront mieux durant le printemps et l'été à la multiplication des virginipares sur les betteraves. Au printemps, ce sont les temps chauds et secs qui sont particulièrement favorables à la reproduction ; au contraire un temps humide et assez froid ralentit considérablement la multiplication des aphides.

On peut donc en déduire que l'emploi des produits endothérapiques sera d'autant plus satisfaisant que :

— la période de vol massif des vecteurs sera plus courte, et par conséquent, que les lieux de production des ailés seront moins nombreux et moins variés, les conditions optima étant fournies par un traitement appliqué immédiatement avant la période de vol ; si celle-ci ne dépasse pas 8 à 10 jours, une pulvérisation sera suffisante ; dans le cas où elle excède cette durée, un second traitement sera nécessaire ;

— le climat sera plus chaud et plus sec, celui-ci accélérant la naissance puis la reproduction des *fundatrigeniae alatae* infectieux ou non, des virginipares ailés provenant des plantes-hôtes secondaires ayant permis l'hivernation sous la forme parthénogénétique ou des silos et des descendants aptères de ces formes ailées. Un temps chaud et sec ralentit la croissance des betteraves et la rémanence des insecticides endothérapiques est donc augmentée.

Nous avons vu au chapitre II que le parathion occasionnait une mortalité plus rapide que le schradan, l'isolan ou le déméton lorsque les pucerons étaient placés sur les feuilles peu de temps après le traitement. *A. fabae* est plus résistant vis-à-vis du déméton que *M. persicae* ; il se tient de préférence sur les jeunes feuilles du centre de la plante, celles qui ont la croissance la plus active et qui, lorsque le traitement a été fait plusieurs jours auparavant, ont une teneur en MA plus faible que les feuilles âgées ; ce sont principalement sur ces dernières que se tiennent les *M. persicae*. Ces faits expliquent ce qu'il a été constaté dans mes essais : les insecticides endothérapiques sont relativement peu actifs sur *A. fabae*.

Compte tenu des caractéristiques actuelles des produits endothérapiques, c'est-à-dire de leur haute toxicité pour l'homme et de leur prix élevé, le parathion ou le lindane en période froide pourront donc souvent leur être préférés dans les conditions suivantes :

— pour les porte-graines sous la forme de poudrage ou de pulvérisation (parathion en suspension ou oléoparathion à 20 g MA/hl) ;

— pour les jeunes betteraves-racines, lorsque l'on constate une migration massive de pucerons ailés en période de beau temps, il sera avantageux d'utiliser les poudrages en mettant une buse sur chaque ligne de betteraves et à une faible distance du sol afin que la poudre soit projetée à la face inférieure des feuilles ; 15-20 kg de poudre/ha seront suffisants. Par temps pluvieux il sera préférable d'avoir recours à la pulvérisation en disposant également un jet par ligne ; suivant le développement des betteraves, d'excellents résultats pourront être obtenus avec 200-400 litres de liquide par ha.

Nous avons vu que la contamination des betteraves-racines était surtout assurée par la 2e période de vol qui débute le 8-10 juin dans la région parisienne ; c'est donc à cette date ou un peu avant que peut être envisagé un traitement avec un produit endothérapique. Si l'on s'efforce de réduire au maximum le nombre des pucerons dans le champ, un traitement doit être effectué plus tôt afin de détruire les émigrants de *M. persicae* et d'*A. fabae* provenant des plantes-hôtes primaires et qui ont pu s'infecter au cours de leur vol. Dans ce cas, le traitement devrait donc être exécuté vers le 20-25 mai, c'est-à-dire sur des plantes qui, si elles sont semées aux dates courantes, seront très petites.

L'efficacité des produits endothérapiques est fortement abaissée

lorsque ces substances sont appliquées sur de jeunes plantes car l'insecticide n'étant réparti que sur une faible surface foliaire, les plantes ne pourront en absorber qu'une très petite quantité ; par ailleurs, la croissance des végétaux étant très rapide à ce moment, cette faible quantité de matière active sera dispersée dans la plante et les feuilles ne seront plus suffisamment toxiques pour les pucerons.

Les betteraves semées précocement donnent généralement des rendements plus élevés que celles qui sont semées tardivement ; étant donné que les symptômes de la Jaunisse sont plus accusés dans le second cas que dans le premier, la diminution de la récolte est généralement attribuée uniquement à l'action de la Jaunisse. J'ai observé à diverses reprises que les semis précoces donnaient des rendements plus importants que les semis tardifs, même lorsque le pourcentage de plantes malades était très faible ; il semble que la plus-value de récolte soit attribuable pour une large part au fait que la plante est plus développée au moment du vol infectant, ce qui a diverses conséquences. Le champ ayant une couleur générale d'un vert plus accusé est moins attractif pour les pucerons ; la fécondité des aphides est diminuée, les feuilles étant plus âgées ; la plante étant plus volumineuse supporte plus facilement les piqûres des pucerons et, éventuellement, l'infection par la Jaunisse. Par ailleurs, le feuillage étant plus développé, la plante pourra absorber une plus grande quantité de substance endothérapique et restera plus longtemps toxique vis-à-vis des pucerons qu'une Betterave plus jeune, d'autant plus que chez cette dernière, l'accroissement du feuillage sera relativement plus important.

On peut donc conclure de ce qui précède que, d'une façon générale, on a intérêt à semer le plus tôt possible (à la condition d'utiliser des variétés ne présentant dans ces conditions qu'un pourcentage très réduit de « montées », et que l'on ait l'intention ou non d'appliquer des traitements endothérapiques, mais ces derniers ne seront éventuellement avantageux que sur des semis tardifs.

Les auteurs allemands mentionnent que le premier traitement doit être fait quand il est relevé 0,5 à 1 *M. persicae* par Betterave (STEUDEL et HEILING 1954) ou 0,2 à 0,3 (DAME et GOOSSEN 1954) ; ils ne tiennent pas compte du nombre des *A. fabae* dont le rôle de vecteur est considéré comme négligeable. Il est, en principe, plus facile de déterminer la date des traitements d'après les captures aux pièges de MOERICKE que par les dénombrements des pucerons sur les betteraves ; la difficulté réside en ce cas dans la détermination des espèces capturées, notamment de *M. persicae*.

L'insecticide endothérapique actuellement le plus recommandable est le déméton ; afin que le prix de revient du traitement ne soit pas trop élevé, la quantité de MA à utiliser par ha sera de 200 à 250 g (1).

(1) Ces quantités de MA/ha sont à doubler si l'on emploie le déméton méthylé.

La quantité de bouillie à répandre à l'ha sera déterminée d'après le développement des betteraves, les buses étant réglées de manière que le liquide ne soit projeté que sur le feuillage et non entre les lignes ; suivant la dimension des betteraves, la quantité de bouillie pourra donc varier de 400 à 800 l/ha.

Le déméton a une action accélératrice sur la végétation ; ce fait a été constaté par divers auteurs mais il est difficile de chiffrer cet effet. J'ai effectué plusieurs essais en serre mais la croissance des betteraves est très irrégulière et les résultats fournis par la pesée ou la notation de la surface foliaire ne sont pas significatifs. Cette action favorable est plus marquée en plein air mais il est difficile dans ce cas de séparer l'action du déméton sur la physiologie de la plante de son rôle aphicide.

3° **Nature de la production et méthodes culturales**. — Trois cas sont à envisager ; les porte-graines, les betteraves-racines et les planchons.

— *Porte-graines*. Les insecticides endothérapiques actuels ne présentent pas un grand intérêt. Le feuillage ne présente qu'une surface relativement réduite eu égard au volume et à la rapide croissance des hampes florales, ce qui explique les résultats médiocres qui ont été signalés p. 599.

D'autre part *A. fabae*, qui est en France beaucoup plus commun que *M. persicae*, est assez peu sensible aux insecticides endothérapiques. Il est donc préférable d'avoir recours au parathion utilisé en poudrage on en pulvérisation (parathion en suspension ou oléoparathion à 20 g MA hl ou au lindane en période froide et appliqués lors de l'apparition de petites colonies. Des traitements plus tardifs sont beaucoup moins efficaces et détruisent les parasites et prédateurs (Bonnemaison 1950).

— *Betteraves-racines*. Il a été indiqué p. 603 l'intérêt qu'offrent les semis précoces. Les champs étant d'autant moins attractifs pour les ailés que leur coloration générale est plus verte, l'arrivée des formes ailées et par conséquent les chances d'infection par la Jaunisse seront d'autant plus faibles que la surface du sol recouverte par le feuillage sera plus importante ce qui conduit à envisager des semis à de faibles écartements, des démariages tardifs et à forte densité de peuplement. Hijner (1951) a relevé des pourcentages de Jaunisse de 32,6, 56, 63 et 73, 9 p. 100 pour des densités de peuplement de 87 000, de 65 000, de 48 000 et de 42 000 plantes par ha.

Steudel et Heiling (1954 mentionnent des essais combinés de traitements au déméton avec des densités de peuplement de 100 000 plantes par ha (50 × 20 cm), 75 000 plantes (50 × 27 cm) et 50 000 plantes (50 × 40 cm). Le meilleur rendement a été fourni par la densité de 75 000 plantes puis celle de 100 000 plantes. Il a été mentionné (tableau XVIII) un essai combiné de traitement avec des densités de 55 000, 60 000 et 65 000 plantes réalisé dans la Beauce ; c'est la densité de 60 000

plantes qui a donné les plus gros rendements. Une forte densité de peuplement ne peut être envisagée que dans les régions bénéficiant de précipitations régulières dans le courant de l'été ; on peut donc les conseiller dans les centres de production jouissant d'un climat maritime mais dans les régions sèches (Beauce), la densité de 60 000 pieds ne doit pas être dépassée.

— *Planchons.* Il a été indiqué dans une note (BONNEMAISON 1953) les avantages qu'offre le semis tardif des planchons. Les semis effectués après le 15-20 juillet permettent d'éviter la contamination par la 2e et la majeure partie de la 3e période de vol ; la 4e période de vol peut cependant assurer d'assez fortes contaminations et l'application d'insecticides endothérapiques se justifie souvent dans ce cas ; les pucerons sont en effet beaucoup moins nombreux qu'au printemps et la culture a une grande valeur économique puisque les planchons obtenus permettront de planter l'année suivante une surface 8 fois plus grande ; les traitements pourront être faits à 1,2 ou 3 reprises depuis la fin du mois d'août jusqu'à la mi-octobre, le dernier traitement permettant de diminuer fortement le nombre des *Myzodes* et des *Myzotoxoptera*, et d'éviter, par conséquent, leur multiplication dans les silos.

Si l'on utilise la méthode des plantes-abris (BONNEMAISON 1953) il est recommandable d'appliquer un traitement immédiatement après la coupe de la plante-abri.

D. — Lutte contre les viroses de la pomme de terre.

Les possibilités de protection de la Pomme de terre contre les maladies à virus par l'emploi de produits endothérapiques diffèrent par plusieurs points de celles qui ont été mentionnées pour la Jaunisse.

1° **Toxicité de l'insecticide.** — Le premier problème que pose le traitement des pommes de terre par un insecticide endothérapique est celui du transfert de l'insecticide, ou de substances provenant de sa décomposition, dans les tubercules. Une fraction plus ou moins importante d'une récolte de Pomme de terre faite en vue de la production de plant ne peut être employée en tant que plant (tubercules trop gros ou trop petits, difformes) et ces tubercules sont inévitablement destinés pour une large part à l'alimentation humaine ou animale. On pourrait envisager de mettre les propriétaires de ces champs en demeure d'envoyer les tubercules de rebut à la féculerie mais cette obligation serait rarement respectée.

On possède peu de données sur le passage des insecticides endothérapiques dans le tubercule, l'analyse étant très difficile. Il semble bien qu'il y ait un transfert assez important (KELLEY 1951). Si le produit

utilisé ou les substances résultant de sa dégradation sont reconnus toxiques pour l'homme, il est évident que l'emploi de ces insecticides sur la Pomme de terre doit être interdit.

2° **Nature du virus**. — Nous avons vu qu'en France, la Pomme de terre pouvait être attaquée par trois virus non persistants, le plus important étant le virus Y et par un virus persistant, celui de l'Enroulement. Le vecteur le plus actif est *M. persicae* ; dans la région parisienne *M. nasturtii* est très commun dans certaines régions (sa plus ou moins grande pullulation locale étant liée à la présence des plantes-hôtes primaires).

Pour la Pomme de terre comme pour la Betterave, les insecticides endothérapiques sont incapables d'occasionner la mort rapide des pucerons ailés ; ils ne pourront donc réduire que très faiblement les contaminations primaires des virus non persistants. Ils peuvent par contre faire preuve d'une bonne efficacité en ce qui concerne les contaminations primaires de l'Enroulement. Nous avons vu qu'il est généralement admis que la transmission peut avoir lieu après une période d'alimentation de 6 h sur une plante malade, une durée minimum d'incubation de 48 h et un temps d'alimentation de 2 h sur une plante saine. En admettant que des pucerons ailés non infectieux piquent dès leur arrivée dans le champ une plante atteinte d'Enroulement, ils seront en mesure d'assurer la contamination s'ils sont encore suffisamment actifs pour piquer des pommes de terre 56 h après le début de leur séjour sur la plante malade ; les traitements insecticides seront donc efficaces tant qu'ils entraîneront la mortalité de tous les ailés en moins de 56 h. L'examen du tableau VII montre, qu'en serre, le parathion à 200 g MA/ha, le déméton à 400 ou 800 g/ha entraînent une mortalité de 100 p. 100 en 48 h, 8 jours après le traitement. Dans les essais en plein air (tableau XXV), le déméton à 750 g/ha a eu une persistance d'action de 15 jours. On peut admettre que pour avoir une efficacité suffisante en permanence il est nécessaire d'appliquer en moyenne un premier traitement à 300-400 g/ha, et un second à 500-600 g/ha 12 jours plus tard, cet intervalle pouvant être légèrement diminué pendant la période de croissance active du feuillage et augmenté au moment du ralentissement du développement.

3° **Conditions de milieu**. — Celles-ci peuvent être divisées en deux catégories : les conditions climatiques et les caractéristiques locales.

Ainsi que je l'ai déjà mentionné au sujet de la Jaunisse, les conditions les plus défavorables pour l'emploi de produits aphicides contre les vecteurs des maladies à virus sont celles qui permettent une où plusieurs périodes de vol de longue durée, ce qui assure une contamination faible mais régulière. Des périodes de vol intense mais courtes sont relativement plus favorables car elles permettent d'obtenir une mortalité élevée

et rapide si l'on effectue la pulvérisation immédiatement avant le début du vol ; on peut ainsi, avec un nombre faible de traitements, réduire fortement les chances de transmission d'un virus dont la durée d'incubation est assez longue chez l'Insecte (Enroulement).

Même si les conditions climatiques sont favorables à une diminution de la durée de la période de vol, c'est-à-dire si la température est élevée, des résultats positifs ne peuvent être espérés qu'à la condition que les foyers de contamination soient peu importants, ce qu'il est beaucoup plus difficile d'obtenir pour la Pomme de terre que pour la Betterave en raison de la plus large répartition de la culture et du mauvais état sanitaire des pommes de terre destinées à la production de tubercules destinés à la consommation.

On ne peut espérer obtenir des résultats satisfaisants du point de vue technique et économique que dans le cas où le champ est distant d'au moins 500 à 1 000 m de parcelles de pommes de terre de consommation ; dans les régions où les conditions climatiques ne sont pas favorables à la production du plant, le groupement dans une seule zone des champs destinés à la production du plant est indispensable, et si l'application d'insecticides endothérapiques est envisagée, elle doit être faite sur tous les champs de ladite zone.

4° **Conditions d'emploi des insecticides endothérapiques.** — Pour les betteraves-racines, l'inefficacité de l'application des produits endothérapiques ne se traduit au pis-aller que par une diminution de rendement. Pour la Pomme de terre, elle a pour conséquence de réduire très fortement la récolte en raison de la nécessité de procéder à la destruction prématurée des fanes et, par ailleurs, de donner du plant de mauvaise qualité.

Les chiffres indiqués sur les tableaux XXVI et XXVII montrent que, dans la région parisienne, les insecticides endothérapiques peuvent maintenir la population aphidienne à un taux très bas jusqu'au 20-25 juin mais qu'à partir de cette date, les pucerons parviennent à se maintenir en petit nombre même sur des plantes traitées le 17 ou le 18 juin et qu'ils peuvent, si les conditions climatiques s'y prêtent, se multiplier rapidement par la suite (Plessis-Belleville 1952).

On ne peut donc espérer maintenir un bon état sanitaire en faisant uniquement appel aux traitements endothérapiques. Ainsi que RONNEBECK (1954), SCHEPERS, REESTMAN et HILLE RIS LAMBERS (1955) l'ont signalé, la destruction prématurée des fanes est plus efficace que des traitements répétés appliqués durant cette période critique. Dans la région parisienne, la date limite de destruction des fanes pour la variété Bintje a été fixée au 18 juillet, ce qui permet donc de fixer la date du dernier traitement au début de juillet. L'essai effectué à Versailles en 1952 (tableau XXV) montre que la protection est insuffisante avec 2 trai-

tements appliqués le 3 juin et le 2 juillet ; les essais réalisés la même année à la Queue-les-Yvelines (tableau XXVI) ou au Plessis-Belleville (tableau XXVII) prouvent que des traitements réalisés le 25-26 mai et le 17-18 juin sont insuffisamment actifs pour la protection durant la seconde quinzaine de juin.

Dans des régions où les conditions de milieu sont défavorables à la production du plant de Pomme de terre, on ne peut en conséquence espérer obtenir du plant de haute qualité en effectuant à 2 ou 3 reprises des traitements avec les insecticides endothérapiques actuels.

On peut, sous la réserve que les tubercules ne soient pas toxiques pour les mammifères, envisager l'emploi des insecticides endothérapiques actuels dans des cas assez particuliers : dans les régions propices à la production du plant pour enrayer une invasion anormale de pucerons ailés ; dans les régions défavorables pour réduire l'extension des maladies à virus. Dans ce dernier cas, on a intérêt à traiter relativement tôt, c'est-à-dire dans la première décade de juin pour la région parisienne et la variété Bintje (un second traitement pouvant éventuellement être appliqué 10-15 jours plus tard) afin de diminuer les dégâts occasionnés par l'action directe des piqûres de pucerons et de réduire les contaminations secondaires effectuées par les formes aptères. Dans les régions où les conditions naturelles ne se prêtent pas à la production du plant, ce serait par contre encourir de graves échecs que de chercher à produire du plant type « Elite » ou « A » en effectuant plusieurs traitements avec les composés endothérapiques mentionnés dans ce travail.

RÉSUMÉ

Il a été essayé comparativement contre divers pucerons des produits endothérapiques (schradan, isolan, déméton) avec des insecticides de contact, notamment le parathion.

Les essais de protection des jeunes plantes par immersion des graines, des racines ou des tubercules dans du parathion, du schradan, de l'isolan ou du déméton en solution n'ont pas donné de résultats pratiques satisfaisants. L'enrobage à sec des graines avec des poudres à haute teneur en MA semble être appelé à un certain avenir.

La lutte contre la Jaunisse de la Betterave par l'emploi d'insecticides endothérapiques ne donne pas dans le Bassin parisien et le nord de la France de bons résultats, en ce qui concerne les betteraves-racines. Elle n'est à envisager que dans des cas très particuliers : présence dans le voisinage d'un foyer important de Jaunisse (porte-graines, épinards, silos) combiné à des conditions favorables de dispersion précoce du virus (présence de nombreux ailés de *M. persicae* sur les betteraves ou les planchons

ensilés, sur les porte-graines en culture directe, les épinards, plantations de pêchers), à des semis tardifs de betteraves et à un printemps sec. La technique la plus recommandable est de semer précocement les betteraves et d'effectuer dans le cas d'une forte invasion d'*A. fabae* un poudrage à base de parathion ou de lindane ou une pulvérisation de parathion.

Il est avantageux de ne semer les planchons qu'après le 15-20 juillet et d'appliquer 1 à 3 traitements avec du déméton entre la fin du mois d'août et la mi-octobre.

Le traitement des pommes de terre de sélection avec les insecticides endothérapiques actuels n'est pas à retenir pour le moment ; il doit même être interdit tant qu'il ne sera pas prouvé que des produits toxiques ne migrent pas dans les tubercules.

L'insuffisante efficacité des substances endothérapiques ne permet pas la production de plant de haute valeur sanitaire ; elle n'assure qu'une forte réduction des contaminations réalisées par les aphides aptères.

Reçu pour publication le 30 *mai* 1956

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDERSON (I.) et OSSIANNILSON (F.). — Försök med Pestox 3 som betningsmedel. *Växtskyddsnotiser*, 84-88, 1951.

APPLE (J. W.) et MARTIN (R.). — Pea aphid control with demeton in relation to Pea plant maturity. *J. Ec. Ent.*, **48**, 193-195, 1955.

ASHDOWN (D.) et CORDNER (H. B.). — Some effects on insect control and plant response of a systemic insecticide applied as a spray, a seed treatment or a soil treatment. *J. Ec. Ent.*, **45**, 302-307, 1052.

BAWDEN (F. C.). — Plant pathology department. *Rothamsted Exp. Stat. Harpenden, Rept* 1949, 59-64, 1950.

BAWDEN (F. C.). — Plant pathology Department. *Rothamsted Exp. Sta. Harpenden, Rept* 1951, 80-82, 1952.

BJORLING (K.). — Virusgulsot hos betor. Sjukdombild och inverkan pa den svenska sockerbetsskörden. *Socker* **5**, **7**, 119-140, 1949.

BJORLING (K.). — On the significance of different vectors of sugar beet virus yellows. *Acta Agric. Scand.*, **2**, 258-278, 1952.

BJORLING (K.), LIHNELL (D.), OSSIANNILSON (F.). — Marking viruliferous aphids with radioactive phosphorous. *Acta Agric. scand.*, **1**, 301-317, 1951.

BROADBENT (L.). — The control of potato virus diseases by the application of insecticides. *Proc. Conf. on Potato virus diseases*, Wageningen, 23-20, 1951.

BONNEMAISON (L.). — Influence des prédateurs et des parasites sur l'apparition des formes ailées de *Brevicoryne brassicae* (Hem. *Aphidinae*). *C. R. Ac. Sci.*, **227**, 1415-1417, 1948.

BONNEMAISON (L.). — Action de l'effet de groupe sur la production des ailés chez *Brevicoryne brassicae* (Hem. *Aphidinae*). *C. R. Ac. Sci.*, **229**, 142-143, 1949.

BONNEMAISON (L.). — La lutte contre les pucerons. *Bull. Techn. Inf.*, 229-234, 1950.

BONNEMAISON (L.). — Essais préliminaires sur les insecticides télétoxiques ou « systémiques ». *Rev. Path. Veg. Ent. Agric.*, **30**, 3-15, 1951.

BONNEMAISON (L.). — Les insecticides télétoxiques ou « systémiques ». *Bull. Techn. Inf.*, nº 57, 223-226, 1951.

BONNEMAISON (L.). — Contribution à l'étude des facteurs provoquant l'apparition des formes ailées et sexuées chez les Aphidinae. *Ann. I. N. R. A. ser. Epiph.*, 1-380, 1951.

BONNEMAISON (L.). — Protection des betteraves et notamment des porte-graines contre la Jaunisse. *C. R. Ac. Agric.*, **39**, 752-759, 1953.

BONNEMAISON (L.). — Recherches poursuivies en 1953 sur les insectes nuisibles à la Betterave. *Public. de l'Inst. Techn. Français de la Betterave Indust.*, 57-61, 1953.

BONNEMAISON (L.). — Lutte contre les maladies à virus de la Betterave et de la Pomme de terre par l'application de traitements aphicides. *C. R. Ac. Agric.*, 42, 509-511, 1956.

BONNEMAISON (L.) et JOURDHEUIL (P.). — Essais de traitement des semences de Crucifères oléagineuses contre les Altises. *C. R. Ac. Agric.*, **40**, 491-493, 1954.

BONNEMAISON (L.) et JOURDHEUIL (P.). — L'Altise d'hiver du Colza. *Ann. I. N. R. A., ser. Epiph.*, 345-524, 1954.

BORNER (C.). — Europae centralis Aphides. Die Blättlause Mitteleuropas. *Mitteil. d. Thür. Botan. Gessels.*, 259 p., 1952.

BRANDT (H.). — Versuche über die Bekämpfung von Blattläusen und Kartoffeln zur Verminderung der Viruskrankheiten. *Pflanzenschutz*, **1**, 84-86, 1949.

BROADBENT (L.) and TINSLEY (T. W.). — Experiments on the colonisation of potato plants by apterous and by alate aphids in relation to the spread of virus diseases. *Ann. Appl. Biol.*, **38**, 411-424, 1951.

BRONSON (T. E.) and DUDLEY (J. E.). — Two systemic Insecticides for control of the Pea Aphid. *J. Ec. Ent.*, **44**, 747-750, 1951.

BRONSON (T. E.), SMITH (F. E.) and SIMPSON (G. W.). — Control of Aphids on potatoes in Northeastern Maine. *J. Ec. Ent.*, **39**, 189-194, 1946.

CAIRASCHI (E. A.) et CARTON (H.). — Nouvelles recherches sur les conditions de production des plants de pommes de terre sélectionnés en France. *Publ. Fed. Nat. Prod. Plants de Pommes de terre*, 28 p., 1951.

CARTER (W.). — Organic Phosphates as systemic insecticides on Pineapple Plants. *J. Ec. Ent.*, **45**, 981-984, 1952.

CASIDA (J. E.), CHAPMAN (R. K.) and ALLEN (T. C.). — Relation of absorption and metabolism of octamethylpyrophosphoramide by Pea plants to available phosphorous. *J. Ec. Ent.*, **45**, 568-578, 1952.

CHOLLET (C. C.) and BREAKEY (E. P.). — Control of Aphids and Mites on Hops by organic Phosphate Insecticides. *J. Ec. Ent.*, **45**, 349, 1952.

COTTIER (W.). — The transmission of virus diseases of the potato by insects. Leaf-roll. *N. Zeal. J. Sci. Techn.*, **13**, 85-95, 1931.

DAME et GOOSSEN (H.). — Résultats favorables du « systox » contre la jaunisse de la betterave par destruction des pucerons vecteurs du virus. *Höfchen-Briefe*, 78-95, 1954.

DAVITCH (T. B.) and APPLE (J. W.). — Pea Aphid control with contact and systemic insecticidal sprays. *J. Ec. Ent.*, **44**, 528-533, 1951.

DAVITCH (T. B.) and APPLE (J. W.). — Schradan content in field grown peas in relation to Pea Aphid control. *J. Ec. Ent.*, **48**, 180-181, 1955.

DAY (M. F.). — The mechanism of the transmission of Potato leaf-roll virus by Aphids. *Austral. J. Biol. Sci.*, **8**, 498-513, 1955.

DE HAAN (K.). — De Vergelingsziekte van suikerbieten, stekbieten en zaaddragers. *Meded. Inst. Suikerb. teelt*, Bergen-op-Zoom, **8**, 137-150, 1938.

DONCASTER (J. P.) and GREGORY (P. H.). — The spread of virus diseases in the potato crop. *A. R. C. Rep. Ser.*, nº 7, London, H. M. S. O., 1948.

DRACHOVSKA-SIMANOVA (M.). — Die Viruskrankheiten der Zuckerrübe. *Preslia*, **24**, 113-187, 1952.

DAVID (W. A. L.) and GARDINER (B. O. C.). — The action of the systemic insecticide systox on Aphids. *Bull. Ent. Res.*, **45**, 683-702, 1954.

DONCASTER (J. P.) and KASSANIS (B.). — The shallot Aphis, *Myzus ascalonicus* DONCASTER and its behaviour as a vector of plant viruses. *Ann. Appl. Biol.*, **33**, 66-68, 1946.

DOWDY (A. C.) and SLEESMAN (J. P.). — Systemic poisons on Vegetable crops. *J. Ec. Ent.*, **45**, 640-643, 1952.

ERNOULD (L.). — La lutte contre la jaunisse par l'anhydride bis-bis-diméthylamino-phosphorique. Résultats d'essais préliminaires sur un champ de betterave sucrière en 1950. *Publ. Inst. belge pour l'Amélioration de la Bett.*, 19e ann., 179-188, 1951.

ERNOULD (L.). — L'emploi des insecticides systémiques dans la lutte contre la Jaunisse de la Betterave. *Parasitica*, **9**, 156-157, 1953.

ERNOULD (L.). — Résultats obtenus dans la lutte contre la Jaunisse de la Betterave en Belgique par traitements aux insecticides systémiques. *Publ. Techn. de l'I. B. A. B.*, nº 3, 77 p., 1955.

GIANG (P. A.). — A bibliography of systemic insecticides. *U. S. D. A. Agric. Res. Serv.*, E., **874**, 46 p., 1954.

GOFFART (H.) und HEILING (A.). — Forschung hilft der Praxis. *Landw. Wochenblatt f. Westfalen u. Lippe*, 109 **12**, 1952.

GOOSSEN (H.). — Erfolgreiche Bekämpfung der Vergilbungskrankheit der Rüben. *Landw. Wochenbl. f. Westfalen. u. Lippe*, 110 A, 1953.

GREGORY (P. H.) and READ (D. R.). — The spatial distribution of insectborne plant virus diseases. *Ann. Appl. Biol.*, **36**, 475-482, 1949.

GROB (H.). — Expériences sur la lutte contre les Aphides avec de nouvelles substances à base d'uréthane et d'esters phosphoriques. *C. R. IIIe Intern. Congr. Phytopharmacie*, Paris 1952, 389-396, 1954.

HANSEN (H. P.). — Investigations on Virus Yellows of Beets in Denmark. *Trans. Danisch Acad. Techn. Sci.*, 7-68, 1950.

HARTSUIJKER (K.). — De vergelingskiete der bieten. *I. Meded. Inst. rat Suikerproductie*, Bergen-op-Zoom, **21**, 15-275, 1951 (1952).

HEIE (O.). — Forelöbig meddedelse om undersögelser over ferskenlusens overvintring i Denmark. *Tidskrift f. planteavl*, **55**, 346-360, 1951.

HEILING (A.) und STEUDEL (W.). — Untersuchungen über die Vergilbungskrankheit der Rüben. *Jahresber. d. Biol. Bundesanst. f. Land u. Forstw.* Braunschweig, 39-41, 1950.

HEINZE (K.). — Zur Bekämpfung der Grünen Pfirsichblattlaus. *Die Deutsche Landwirtschaft*, **3**, 377, 1949.

HEINZE (K.). — Zur Ubertragung pflanzlicher Viruskrankheiten durch Blattläuse. *Nachr. dtsch. Pfl. schutzd.* Braunschweig, **2**, 49-53, 1950.

HEINZE (K.). — Die Uberträger pflanzlicher Viruskrankheiten (eine tabellarische Ubersicht). *Mitt. Biol. Zentralanst.* Berlin Dahlem H. 71, 127 p., 1951.

HEINZE (K.). — Der Einfluss gefässleitbarer Bekämpfungsmittel auf die Uebertragung pflanzicher Viruskrankheiten durch Blattläuse. *Mitt. Biol. Land u. Forstwirtsch. Dtschl.*, **80**, 81-86, 1954.

HIJNER (I. A.). — Nederlands Report. In : Report of virus Yellows in Europe. *C. R. 14e Congr. I. I. R. B.*, Bruxelles, 1951.

HILLE RIS LAMBERS (D.), REESTMAN (A. J.) and SCHEPERS (A.). — Insecticides against aphid vectors of potato viruses. *Neth. Journ. Agric. Sci.*, **1**, 188-201, 1953.

HOFFERBERT (W.) und ORTH (H.). — Weitere Versuche zur inneren Therapie der Kartoffelpflanze gegen die Pfirsichblattlaus. *Höfchen-Briefe*, 10-15, 1952.

HULL (R.). — Report on virus Yellows in Europe. 14e *Congr. I. I. R. B.*, British Report, 1951.

HULL (R.). — Control of Yellows in sugar-beet seed crops in Great Britain. *Agriculture*, **61**, 205-210, 1954.

HULL (R.) and GATES (L. F.). — Experiments on the control of Beet Yellows virus in sugar-beet seed crops by insecticidal sprays. *Ann. Appl. Biol.*, **40**, 60-78, 1952.

IVY (E. E.), IGLINSKY (W.) and RAINWATER. — Translocation of octamethyl-pyrophosphoramide by the cotton plant and toxicity of treated plants to cotton insects and a spider mite. *J. Ec. Ent.*, **43**, 620-626, 1950.

JANCKE (O.). — Beiträge zur innertherapeutischen Schädlingsbekämpfung III. *Z. Pfl. Krankh.*, **58** (5, 6), 179-185, 1951).

JEPPSON (L. R.). — Systemic Insecticides. Entomological aspects of systemic insecticides. *Agric. et Food Chemistry*, **1**, (13), 830-832, 1953.

JOHNSON (C. G.). — Infestation of a bean field by *Aphis fabae* SCOP in relation to wind direction. *Ann. Appl. Biol.*, **37**, 441-450, 1950.

JOHNSON (C. G.) et EASTOP (V. F.). — Aphids captured in a Rothamsted suction trap 5 feet above ground level from June to November 1947. *Proc. R. Ent. Soc. London*, 17-24, 1951.

KASSANIS (B.). — Some factors affecting the transmission of Leaf-roll virus by Aphids. *Ann. Appl. Biol.*, **39**, 157-167, 1952.

KELLEY (R. A.). — Preliminary tests of a systemic insecticide for the control of Aphids on Potatoes. 81 *rst Rep. Ent. Soc. Ont.*, 1950, 86-88, 1951.

KENNEDY (J. S.). — Aphid migration and the spread of plant viruses. *Nature*, **165**, 1024-1025, 1950.

KLAPP (E.). — Arbeiten zur praktischen Bekämpfung des Kartoffelabbaues. *Forschungsdienst*, S. heft 16, 370-377, 1942.

LHOSTE (J.) et LEIBOVICI (C.). — Sur le pouvoir aphicide de l'octaméthyl-pyrophosphoramide. *Parasitica*, **7** (2), 37-44, 1951.

LHOSTE (J.) et LEIBOVICI (C.). — Nouvelles utilisations de l'octaméthyl-pyrophosphoramide. *Phytoma*, **35**, 17-19, 1952.

LIMASSET (P.), GRENTE (J.) et BONNEMAISON (L.). — Essais préliminaires relatifs à la lutte contre la Jaunisse de la Betterave. *C. R. Ac. Agric.*, 679-681, 1948.

LOUGHANE (J. B.). — *Aphis rhamni* BOYER ; its occurence in Ireland and its efficiency as a vector of Potato virus. *J. Dep. Agric. Eire*, **40**, 291, 1943.

MAC CARTHY (H. R.). — Aphid transmission of Potato leaf-roll virus. *Phytopathology*, **44**, 167-174, 1954.

MARTIN (H.). — Factors affecting the practical employment of systemic insecticides. II. *Canad. Ent.*, **85**, 414-420, 1953.

MARTIN (H.) et SHAW (H.). — Developments in methods and materials for the control of plant pests and diseases in Germany. *Final Rpt Brit. Intel. Obj. Sub. Comm.*, nº 1095, London 93 p., 1947.

MARTINI (C.). — Blattlausüberwinterung in nordwestdeutschen Futterrübenmieten als Faktor für das Auftreten der virösen Rübenvergilbung. *Diss. Bonn, Triltsch, Düsseldorf*, 1953.

MUNSTER (J.) et MURBACH (R.). — L'application d'insecticides contre les pucerons vecteurs des viroses de la pomme de terre peut-elle garantir la production de plants de qualité ? *Rev. Rom. Agric. Vitic. Arbor.*, **8**, 41-43, 1952.

OPITZ (K.). — Weitere Versuche über den durch Viruskrankheiten herbeigeführten Abbau der Kartoffel. *Pfl. bau*, **16**, 323-343, 1940.

REYNOLDS (H. T.), ANDERSON (L. D.) and SWIFT (J. E.). — Tests with two Systemic Insecticides on Vegetable and Field crops in Southern California. *J. Econ. Ent.*, **46**, 555, 1953.

RIPPER (W. E.), GREENSLADE (R. M.) and HARTLEY (G. S.). — A new systemic insecticide bis-bis dimethylamino phosphorous anhydride. *Bull. Ent. Res.*, **41**, 481-501, 1950.

RIPPER (W. E.), GREENSLADE (R. M.) and HARTLEY (G. S.). — Selective Insecticides and biological control. *J. Ec. Ent.*, **44**, 448-459, 1951.

RIPPER (W. E.), GREENSLADE (R. M.) and LICKERISH (L. A.). — Combined chemical and biological control of Insects by means of a systemic insecticide. *Nature*, **163**, 787-789, 1949.

ROLAND (G.). — Étude de la Jaunisse de la Betterave. *Rev. Path. Veg. Ent. Agric.*, **23**, 185-207, 1936.

ROLAND (G.). — Étude des maladies à virus de la Betterave et de l'Epinard effectuée en 1938. *Publ. Inst. Belge Amel. Bett. Tirlemont*, 67-92, 1939.

ROLAND (G.). — Contribution à l'étude de l'utilisation des esters thiophosphoriques pour limiter la propagation du virus de la jaunisse de la Betterave (Beta virus 4 ROLAND et QUANJER) par les pucerons. *Parasitica*, **7**, 125-129, 1951.

ROLAND (G.). — Sur un essai de lutte contre les pucerons en vue de limiter la propagation des virus attaquant la pomme de terre. *Parasitica*, **9**, 6-10, 1953.

ROLAND (G.). — Sur l'emploi des insecticides systémiques contre les pucerons vecteurs du virus de la jaunisse de la Betterave (Beta virus 4 ROLAND et QUANJER). *Parasitica*, **9**, 125-131, 1953.

RONNEBECK (W.). — Weitere Beiträge zur Bekämpfung von *Myzodes persicae* SULZER als Virusüberträger im Kartoffelfeld. *Zeitsch. Pflanzenkrankh. u. Pflanzenschutz*, **59**, 13-26, 1952.

RONNEBECK (W.). — Erfolgaussichten der chemischen Bekämpfung von Virusüberträgern im Kartolfelfeld. *Z. Pflanzenkrkh.*, **61**, 113-129, 184-196, 1954.

SCHEPERS (A.), REESTMAN (A. J.) and HILLE RIS LAMBERS (D.). — Some experiments with Systox. *Proc. 2and Conf.on Potato virus diseases*, Wageningen, 75-83, 1955.

SCHLÖSSER (L. A.). — Zur Frage der Wanderung europäischer Rubenvirosen. *Phytopath. Ztschr.*, **20**, 75-82, 1952.

SCHRADER (G.). — The development of new insecticides. *Brit. Intel. Obj. Sub. Comm. Final Rpt*, nº 714, 63 p., London 1948.

SCHMIDT (E.). — Bekämpfung der Pfirsichblattlaus in Kartoffelbeständen. *Höfchen-Briefe*, **5**, 75-81, 1952.

SCHMIDT (H.) und WIESNER (K.). — Die Verbreitung der virösen Vergilbung der Beta-Rüben im Gebiet der DDR im Jahre 1954. *Nachrichtenblatt f. d. Dtsch. Pflanzenschutzdienst*, **7**, 121-124, 1955.

SCHULZE (Z. von). — Die Rolle der Pflanzenbautechnik beim Vergilben der Zuckerrübe und seine Abwehr. *Zucker*, 239-243, 1955.

SCHUMACHER (G.). — Lutte contre la jaunisse de la betterave en Rhénanie. *Höfchen-Briefe*, éd. fr., **7**, 153-199, 1954.

SIMPSON (G. W.). — Spraying and dusting experiments for the control of potato aphids. *J. Ec. Ent.*, **25**, 634-639, 1932.

SMITH (K. M.). — Studies on potato virus diseases. V. Insect transmission of potato leaf-roll. *Ann. Appl. Biol.*, **16**, 209-228, 1929.

SMITH (K. M.). — Studies on potato virus diseases. IX. Some further experiments on the Insect transmission of Potato leaf-roll. *Ann. Appl. Biol.*, **18**, 141-156, 1931.

SPINDLER (M.). — Innertherapeutische Insekticide. Eine Uebersicht. *Z. Pflanz. Krkh. Pflanz. Schutz Dtschl.*, **62**, 97-165, 1955.

STEUDEL (W.). — Zur Frage der Bekämpfung der Vergilbungskrankheit. *Z. Pflanz. Krkh. u. Pfl. Schutz*, **59**, 418-430, 1952.

STEUDEL (W.). — Wo stehen wir heute hinsichtlich der Erforschung und Bekämpfung der Vergilbungskrankheiten der Zuckerrüben ? *Gesunde Pflanzen*, **5**, 189-194, 1953.

STEUDEL (W.). — Dreijährige Erfahrungen zur Bekämpfung der Vergilbungs-

krankheit mit innertherapeutischen Mitteln. *Mitt. Biol. Land u. Forstwirtsch. Dtsch.*, **80**, 72-75, 1954.

STEUDEL (W.) und HEILING (A.). — Die Vergilbungskrankheit der Rübe. *Mitt. Biol. Zentralanst. Land u. Forstwirt.*, nº 79, 132 p., 1954.

STEUDEL (W.) und HEILING (A.). — Versuchsergebnisse zur Höhe der vermeidbaren Vergilbungsschäden an Zuckerrüben im Rheinland und in Westfalen in den Jahren 1953 und 1954. *Nachrichtenblatt d. Deutsch. Pflanzenschutzdienstes*, **8**, 1-16, 1956.

TSI(Chao-Seng). — Protection against aphids by seed treatment. *Nature*, **166**, 909-910, 1950.

UNTERSTENHOFER (G.). — Essais effectués en nature à l'aide de l'insecticide systémique « systox » contre le puceron (*Doralis fabae* SCOP.) sur fèveroles (*Vicia faba* L.). *Höfchen-Briefe*, **6**, 120-128, 1953.

UNTERSTENHOFER (G.). — Problem und Aussichten der inneren Therapie bei Pflanzen. *Mitt. Biol. Land Forstwirtsch. Dtsch.*, **80**, 51-64, 1954.

VERPLANCKE (G.). — Contribution à l'étude des maladies à virus filtrant de la Betterave. *Acad. Roy. Belgique Cl. Sci. Mem.*, **13**, 1-104, 1934.

VIEL (G.). — Les insecticides endothérapiques. *Cours-Conférences de la Maison de la Chimie*, 1956.

WALRAVE (J.). — Proeven met systemische insecticiden. *Td. Plantenziekt Nederl.*, **60**, 93-108, 205-220, 1954.

WATSON (M. A.). — Studies on the transmission of sugar beet Yellows by the Aphis *Myzus persicae* (SULZ.). *Proc. Roy. Soc.* (B), **128**, 535-552, 1940.

WATSON (M. A.) and HEALY (M. J. R.). — The spread of beet Yellows and beet mosaïc viruses in the sugar-beet root crop. II. The effects of aphid numbers on disease incidence. *Ann. Appl. Biol.*, **40**, 38-59, 1953.

WATSON (M. A.), HULL (R.), BLENCOWE (J. W.) and HAMBYN (BMG). — The spread of Beet Yellows and Beet mosaïc virus in the sugar-beet root crop. I. Field observations on the virus diseases of sugar-beet and their vectors *Myzus persicae* SULZ. and *Aphis fabae* KOCH. *Ann. Appl. Biol.*, **38**, 743-764, 1951.

WATSON (M. A.) and ROBERTS (F. M.). — A comparative study of the transmission of Hyoscyamus virus 3, potato virus Y and Cucumber virus Y by the vectors *Myzus persicae*, *M. Circumflexus* and *M. gei. Proc. Roy. Soc.*, (B), **127**, 544, 1939.

WAY (M. J.), SMITH (P. M.) and POTTER (C.). — Studies on the Bean Aphid (*Aphis fabae* SCOP.) and its control on field Beans. *Ann. Appl. Biol.*, **41**, 117, 1954.

WENE (G. P.) and WHITE (A. N.). — Toxicity of new insecticides to cabbage Aphids. *J. Ec. Ent.*, **45**, 118-120, 1952.

WENZL (H.) und KREXNER (R.). — Versuche zur Bekämpfung der Vergilbungskrankheit der Rübe. *Pflanzenschutzberichte*, **12**, 105-128, 1954.

WENZL (H.) und LONSKY (H.). — Die räumliche Auswirkung von Infektionszentren der Vergilbungskrankheit der Rübe. *Pflanzenschutz-Berichte*, **10**, 97-111, 1953.

ZATTLER (F.). — Versuche mit Systox und anderen innertherapeutischen Mitteln gegen rote Spinnmilben und Blattläuse bei Hopfen. *Höfchen-Briefe f. Wiss. u. Praxis*, **4**, 132-168, 1951.

ZIMMER (K.). — Wirtspflanzen der virösen Rübenvergilbung. *Nachrichtenbl. d. Deutsch. Pflanzenschutzd.*, **8**, 41-43, 1956.

MÉTHODES D'ÉVALUATION DES PROPRIÉTÉS FONGICIDES DE SUBSTANCES DIVERSES EN VUE DE LEUR EMPLOI AGRICOLE

PAR

Mlle M. CHANCOGNE et G. VIEL

Laboratoire de Phytopharmacie, Versailles.

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Introduction.

II. — Description des méthodes de discrimination employées.

1°) Détermination de l'inhibition de la germination des spores in vitro. Méthode de dilution de Mac Callan.
Description des conditions opératoires.
Résultats.

2°) Détermination de l'inhibition de la contamination de feuilles de vigne isolées de la plante par *Plasmopara viticola*.
Principe de la méthode utilisée.
Description des conditions opératoires
Résultats.

3° Détermination de la persistance de l'action fongicide.
Principe de la méthode utilisée.
Description du mode opératoire.
Résultats.

III. — Comparaison du test de laboratoire avec un essai en parcelles.

IV. — Discussion des trois tests.

V. — Conclusions.

I. — INTRODUCTION

Les recherches sur les produits fongicides nouveaux ont pris une grande extension pendant les vingt dernières années. On s'est appliqué, surtout dans le domaine de la chimie organique, à réaliser la synthèse de composés susceptibles de posséder une action intéressante sur les champignons parasites. De très nombreuses substances ont ainsi été préparées. Étant donné que les connaissances actuelles ne permettent pas d'établir une corrélation sure entre la constitution chimique d'un corps et ses

propriétés antiparasitaires, chaque composé nouveau doit être soumis à l'étude. La nécessité apparaît alors de mettre au point des méthodes permettant de mesurer d'une façon simple et fidèle l'efficacité des produits fongicides. Pour l'agriculteur, seule l'efficacité au champ est intéressante. Une telle appréciation est très difficile. Elle demanderait, pour être réalisée d'une façon systématique, un matériel énorme et un temps considérable. La recherche des propriétés fongicides des substances diverses préparées par les laboratoires de synthèse, uniquement par des techniques de plein champ, est pratiquement irréalisable. C'est pourquoi on emploie en premier lieu des méthodes de laboratoire qui éliminent les produits n'ayant pas une efficacité suffisante. D'une façon générale, on peut considérer que ces techniques se divisent en deux groupes :

1° Celles qui étudient l'action des fongicides *in vitro* sur des spores de champignons ayant une importance agricole ou non. C'est ainsi que Mac Callan (8,9, 10, 11) emploie *Sclerotinia fructicola, Glomerella cingulata, Alternaria oleracea, Marcrosporium sarcinaeforme, Botrytis cinerea* et *Rhizopus nigricans* ; Montgomery et Moore (16) Kirby et Frick (6) s'adressent à *Venturia* ; Miller (15) étudie *Venturia inaequalis* et *Phytophthora infestans* ; Payen et Brebion (18), Borzini (2) se servent de *Plasmopara viticola.*

2° Les méthodes qui étudient l'action des fongicides *in vivo* sur des champignons ayant une importance agricole et cultivés sur milieu vivant. Par exemple Mac Callan (12, 13) s'adresse à *Alternaria solani, Phytophthora infestans, Septoria licopersici* sur tomate et à *Puccinia antirrhimi* sur muflier ; Staudermann (23), Morel (17), Debraux et Gavaudan (4), Baldacci et Ciferri (1) étudient *Plasmopara viticola* sur vigne ; Marsh (14) s'adresse à *Venturia inaequalis* ; Stubbs (24) emploie *Alternaria solani* sur tomate.

Nous décrirons l'ensemble des essais qui nous permettent de juger rapidement, avec une assez grande sécurité, des propriétés fongicides de composés nouveaux, et de la possibilité de leur emploi au champ pour la protection des parties aériennes des plantes.

L'épreuve discriminatoire qui conduit à retenir ou à éliminer un produit pour une étude au champ se fait en trois étapes.

1° L'inhibition *in vitro* de la germination des spores de champignons des souches Mac Callan cultivés sur milieux artificiels.

2° L'inhibition *in vivo* sur milieu végétal de la germination des spores de *Plasmopara viticola* cultivé sur organes végétaux.

3° La persistance de l'action fongicide envers *Plasmopara viticola.*

Ces trois tests ont un point commun : quelle que soit la méthode employée, l'activité ou la persistance des composés étudiés sont comparées à celles d'une ou deux substances étalons, d'efficacité et de persistance déterminées avec précision. Les produits de référence entrent dans tous

les essais et servent à comparer les diverses expériences faites sur un même corps ou les propriétés de deux corps différents. Les étalons que nous employons sont un produit minéral et un composé organique dont les propriétés fongicides sont assez éloignées l'une de l'autre : le sulfate de cuivre ou la bouillie bordelaise et le zinèbe.

II. — DESCRIPTION DES MÉTHODES DE DISCRIMINATION EMPLOYÉES

Nous décrirons successivement les trois méthodes employées.

1. — Première méthode. Détermination de l'inhibition de la germination des spores in vitro. Méthode de dilution de Mac Callan.

Principe. — Détermination de la diminution du pouvoir germinatif des spores de quelques champignons pathogènes cultivés sur milieux nutritifs artificiels et soumis à diverses concentrations régulièrement croissantes de la substance fongicide.

Mode opératoire. — Nous employons la méthode de dilution telle que l'a écrite Mac Callan (8) avec *Alternaria oleracea* et *Glomerella cingulata* comme souches principales.

Le produit à étudier, préalablement amené aux concentrations convenables, est réparti entre des tubes à essai à raison de 1 cm³ de solution ou de suspension par tube.

Suspension des spores — Dilution. — Les spores nécessaires à l'essai sont obtenues par agitation vigoureuse d'un tube de culture ensemencée depuis 7 jours où l'on a introduit 8 cm³ d'eau distillée sur pyrex. La suspension ainsi préparée est débarrassée des débris mycéliens par filtration sur verre fritté (Pyrex 172-261). On ajuste la concentration en spores de manière à ce qu'une goutte de supension-mère, diluée dans 1 cm³ d'eau distillée contienne 50 000 ± 5 000 unités au cm³, soit 35 spores par champ au petit grossissement du microscope (× 100), dans les conditions de dilution et d'étalement des suspensions précisées plus loin.

On ajoute dans chaque tube renfermant des dilutions du produit une goutte de la suspension-mère des spores.

Pour tous les champignons des souches Mac Callan, sauf pour *Alternaria oleracea*, il est nécessaire d'ajouter dans chaque tube une goutte de jus de carotte dilué à 1 p. 100 pour obtenir une germination correcte.

Germination. — La germination s'effectue dans des gouttes d'eau déposées sur lames de verre. Afin d'éviter l'étalement de ces gouttes, on délimite à la surface du verre 3 cercles de paraffine d'un diamètre

de 12 mm. Ceux-ci sont obtenus en appliquant sur la lame le bord d'un tube de verre de diamètre convenable préalablement trempé dans la paraffine fondue.

Les lames sont placées en chambre humide à la température de 21° ± 0,5° pendant 16 à 20 heures.

Perte d'eau en chambre humide. — On peut craindre que pendant les 20 heures que dure l'incubation, une partie de l'eau des solutions ou suspensions déposée sur les lames s'évapore. Ce phénomène qui risquerait de ne pas se répéter de façon identique entre les différents essais, augmenterait la concentration de la matière active et introduirait une cause d'erreur.

L'évaporation a effectivement lieu si l'atmosphère dans laquelle sont placées les lames n'est pas à saturation, et si elle n'est pas à une température uniforme.

Nous avons trouvé avantageux d'utiliser des enceintes de dimensions limitées constituées par de classiques cloches en verre à base rodée, dans lesquelles la saturation est assurée par une feuille de papier filtre humide La cloche est placée dans une étuve à température constante (étuve à germination). Dans ces conditions, nous avons vérifié que la perte d'eau des gouttes déposées est de 0,07 à 0,1 p. 100. Elle est donc pratiquement négligeable.

Détermination du taux d'inhibition. — On dénombre au microscope (grossissement 100) la proportion de spores germées et non germées en comptant un total de 100 spores dans chaque goutte. On estime germée toute spore dont le tube germinatif est plus long que le 1/3 du plus petit diamètre de la spore.

Concentrations utilisées. — Le nombre des concentrations à employer pour chacun des fongicides expérimentés varie selon qu'il s'agit de la détermination d'une dose léthale médiane ou de l'appréciation sommaire du pouvoir fongicide.

a) *Détermination d'une dose léthale médiane.*

Le produit à étudier est dilué de façon à ce que les concentrations employées encadrent la D. L. M. grossièrement déterminée à l'avance. On utilise 6 concentrations dont les logarithmes sont en progression arithmétique, et compte 1 800 spores, soit 6 lames par concentration, en deux séries.

Répétition de l'essai. Variation de sensibilité. — Il est nécessaire de faire au moins deux séries car les sensibilités des spores peuvent varier assez considérablement d'un lot à un autre comme le précise Mac Callan (10). Les spores d'un même tube de culture ont, par contre, la même sensibilité comme le montrent les résultats, présentés tableau I, obtenus avec des suspensions faites avec les deux moitiés d'un même tube de culture.

TABLEAU I

Inhibition par l'ion cuivre de la germination des spores d'Alternaria oleracea appartenant à deux moitiés d'un tube de culture.

Concentrations en Cu	Pourcentages moyens d'inhibition	
	Suspension I	Suspension II
0	7	7
$3 10^{-6}$	[illegible]	100
$2,6 10^{-6}$	74	80
$2,3 10^{-6}$	42	42

Le tableau II montre comment nous appliquons la méthode de dilution de MAC CALLAN à la détermination de la D. L. M. du sulfate de cuivre (tableau II).

TABLEAU II

Détermination de la D. L. M. du sulfate de cuivre.

Concentrations en cuivre	$3,9 10^{-6}$	$3,10^{-6}$	$2,6 10^{-6}$	$2,3 10^{-6}$	$2,10^{-6}$	$1,8 10^{-6}$
	Pourcentages d'inhibition					
Série I						
Lame 1.	60 · 66 · 64	57 · 62 · 59	37 · 37 · 41	19 · 21 · 23	5 · 7 · 3	0 · 2 · 0
2.	65 · 52 · 62	49 · 56 · 61	46 · 45 · 43	18 · 21 · 15	14 · 5 · 9	2 · 0 · 3
3.	64 · 71 · 65	43 · 56 · 50	50 · 47 · 44	28 · 28 · 31	12 · 10 · 6	4 · 1 · 0
Série II						
Lame 1.	100 · 100 · 100	79 · 77 · 79	52 · 56 · 55	27 · 26 · 28	18 · 22 · 16	9 · 10 · 7
2.	100 · 100 · 100	81 · 70 · 72	74 · 63 · 66	35 · 36 · 44	27 · 24 · 25	15 · 15 · 17
3.	100 · 100 · 100	70 · 70 · 73	34 · 44 · 41	34 · 45 · 42	22 · 20 · 22	5 · 7 · 8
Moyennes .	82	66	49	28	15	9

On porte sur un graphique les produits des mortalités moyennes en fonction des logarithmes des concentrations, et trace la droite qui relie ces points.

Le calcul montre que la D. L. M. du cuivre est à $2,69 \pm 0,1\ 10^{-6}$.

b) *Appréciation du pouvoir fongicide d'un anticryptogamique.*

Cet essai diffère de l'expérience précédente en ce qu'on ne multiplie ni les répétitions ni le nombre des dilutions pour obtenir avec précision une valeur numérique caractérisant la propriété fongicide du corps étudié. On se contente de rechercher comment se place le pouvoir d'inhibition du produit, présumé fongicide, par rapport à celui de l'ion cuivre ou du zinèbe employés aux mêmes dilutions.

Pour cela, on emploie, en deux séries, deux lames par concentration et de 3 à 5 concentrations par produit. La réponse à chaque concentration est la moyenne des six répétitions. Le tableau III résume les essais réalisés avec les six échantillons suivants :

Bl 16 Trichlorobenzène sulfonate de sodium,
Bl 18 Trichlorobenzène sulfonate de zinc,
Bl 17 Trichlorobenzène sulfonate de manganèse,
Bl 19 Trichlorophénol sulfonate de sodium,
Bl 14 Coumalate de méthyle,
Al 102 Solution à 30 p. cent d'ammonium quaternaire.

Les essais rapportés dans le tableau III montrent que les 4 premiers échantillons ont une efficacité nettement inférieure à celle du zinèbe, et que les produits 5 et 6 dont les efficacités sont comprises entre celles du zinèbe et de la bouillie bordelaise, méritent un examen plus attentif.

TABLEAU III

Comparaison des efficacités de différents produits envers les spores d'Alternaria oleracea.

Désignation du produit	Concentrations en matière active										
	$1\,10^{-6}$	$5{,}2\,10^{-6}$	$5\,10^{-6}$	$1\,10^{-5}$	$2{,}5\,10^{-5}$	$5\,10^{-5}$	$1\,10^{-4}$	$2{,}5\,10^{-4}$	$5\,10^{-4}$	$1\,10^{-3}$	$5\,10^{-3}$
	Pourcentages moyens d'inhibition										
Sulfate de cuivre	20	48	82	94							
Zinèbe				10	40	57	100				
Produit 1 Bl 16									0	2	6
Produit 2 Bl 18						9	16	19	74		
Produit 3 Bl 17							0	4	11		
Produit 4 Bl 19							0	2	5		
Produit 5 Bl 14	12	15	28	64	95						
Produit 6 Al 102	7	10	75	100							

Nous décidons, en effet, que les substances qui manifestent un pouvoir d'inhibition nettement moindre que celui du zinèbe ne présentent pas d'intérêt fongicide. Par contre, nous retenons pour un examen ultérieur les corps qui ont une efficacité supérieure à celle du zinèbe. La part d'arbitraire d'une telle conclusion est réduite si on multiplie les champignons d'épreuve.

Toutes les substances dont l'efficacité sur un champignon des souches MAC CALLAN est supérieure à celle du zinèbe sont soumises au test qui emploie *Plasmopara viticola* cultivé sur vigne ; les autres sont rejetées.

2. — Deuxième méthode.
Détermination de l'inhibition de la contamination de feuilles de vigne isolées de la plante par Plasmopara viticola.

Parmi les nombreuses méthodes qui étudient l'action des fongicides *in vivo*, nous avons tout d'abord choisi celle décrite par MOREL (17) qui emploie *Plasmopara viticola* sur vignes cultivées en pot, sous abri. L'auteur compare les produits qu'il étudie à la bouillie bordelaise à 0,5 p. 100. Celle-ci dans les conditions décrites protège toujours complètement contre le Mildiou. Toutes les préparations n'assurant pas cette protection sont rejetées.

Trois critiques principales peuvent être faites :

1° La méthode est qualitative. La réponse est positive ou négative mais ne permet pas une comparaison entre des concentrations de matières actives.

2° Il est presque impossible de reproduire les mêmes conditions d'une fois à l'autre. Il faut de grandes précautions pour réaliser plusieurs fois la même pulvérisation sur une surface plane disposée toujours de la même façon sous le jet du pulvérisateur. Lorsqu'on s'adresse à des feuilles orientées dans différentes directions, on ne peut concevoir ni que les feuilles d'un même pied reçoivent toutes la même quantité de bouillie pulvérisée, ni que deux pieds différents soient traités de la même façon, même si les conditions du traitement restent les mêmes.

Nous avons, par exemple, essayé de déterminer le seuil d'action du cuivre en traitant par 20 cm³ de bouillie bordelaise à différentes concentrations, sous une pression de 0,5 kg, des pieds de vigne en pot, puis en les inoculant par 12 à 15 cm³ d'une suspension contenant 500 000 spores de mildiou au cm³ pulvérisée également sous une pression de 0,5 kg. L'infestation était représentée par la surface occupée par le mildiou après un temps suffisant d'incubation. Les résultats que nous avons obtenus sont résumés dans le tableau IV.

TABLEAU IV

Surface totale occupée par le Mildiou sur feuilles traitées par des bouillies bordelaises de concentrations différentes.

Concentrations en bouillie bordelaise	Concentrations en cuivre	Surfaces occupées par le Mildiou		
		Essai I	Essai II	Essai III
$5 \cdot 10^{-3}$	$1{,}25 \cdot 10^{-3}$	0	0	0
$2 \cdot 5 10^{-3}$	$0{,}625 \cdot 10^{-3}$	—	0	0
$1 \cdot 10^{-3}$	$0{,}25 \cdot 10^{-3}$	35 mm²	0	26 mm²
$5 \cdot 10^{-4}$	$1{,}25 \cdot 10^{-4}$	—	—	20 mm²
$1 \cdot 10^{-}4$	$0{,}25 \cdot 10^{-4}$	30 mm²	—	—

Une différence de concentration de 1 à 10 n'amène pas de différence dans la réponse dans une même série d'essais. Deux séries différentes donnent des réponses variant dans de larges limites.

Enfin, pour avoir des résultats surs, comme dans toutes les méthodes, on est obligé de multiplier les répétitions. On doit alors employer un grand nombre de pieds de vigne, ce qui entraîne la culture de nombreuses vignes en pots, et toutes les charges corrélatives, même pour l'examen d'un petit nombre de produits.

La méthode décrite par DEBRAUX et GAVAUDAN qui utilisent des feuilles séparées permet de réduire considérablement le matériel végétal nécessaire. Nous l'avons adoptée, tout en y apportant une modification originale pour la rendre plus fidèle et plus quantitative.

Principe de la méthode. — Détermination de la concentration la plus faible du produit à étudier qui permet la germination de spores de *Plasmopara viticola* sur des feuilles de vigne isolées de la plante. Comparaison de cette concentration avec celles du cuivre de la bouillie bordelaise et du zinèbe qui produisent le même effet. Pour que la détermination d'une concentration seuil efficace soit valable, il est nécessaire de pouvoir effectuer facilement plusieurs séries d'essais, et d'obtenir des résultats assez semblables, pour des essais réalisés dans les mêmes conditions.

Notre premier objectif a été de préciser les conditions dans lesquelles des témoins donnent la même réponse.

MOREL, ainsi que DEBRAUX et GAVAUDAN, et d'autres auteurs, réalisent la contamination en projetant une suspension de spores de mildiou. Nous venons de voir que dans ces conditions, les réponses sont assez inconstantes. Nous avons alors songé à opérer une contamination par points. RAVAZ et VERGE avaient déjà observé que si on infecte en plusieurs points la face inférieure de feuilles de vigne avec des zoospores, les feuilles portent, après incubation, des touffes de conidiophores aux points d'infection. Nous avons obtenu des résultats identiques. Nous avons pensé en outre que ce mode de contamination permettrait d'obtenir une gradation de l'infestation selon la concentration de la solution ou suspension de fongicide pulvérisé sur la feuille.

Nous avons donc contaminé la face inférieure de feuilles témoins en 20 points par 20 gouttes de 0,05 cm^3 d'une suspension contenant environ 200 000 spores au cm^3 comptées à l'hématimètre. Après 5 à 7 jours il apparaît aux endroits contaminés 20 taches de conidiophores.

Étude des conditions de contamination. — Pour définir exactement le mode opératoire, il nous fallait préciser quelques points.

Concentration de la suspension de spores. — MAC CALLAN (12) dans ses travaux sur tomates, note qu'il existe un rapport entre le nombre de lésions et le nombre de spores présentes dans l'unité de volume de la suspension. Un semblable phénomène se rencontre également pour le

Mildiou, dans les conditions de notre essai. Le tableau V indique le nombre de taches de conidiophores obtenues sur feuilles contaminées en 20 points par des suspensions de plus en plus concentrées.

TABLEAU V

Nombre de taches de conidiophores de Mildiou en fonction du nombre de spores de la suspension.

Nombre de spores au cm³	Nombre de taches			Nombre moyen de taches
	Essai I 15-5	Essai II 22-5	Essai III 29-7	
6 000		0-0		0
12 000		0-0	11-10	5
25 000	6-14-20	0-0	18-13-19-12-14	11,5
50 000	20-20-20	0-2	18-18-14-16-20	14,8
100 000	19-20-20	20-20	19-19	19,5
200 000	20-20-20	20-20		20

D'une série à une autre, et pour des raisons que nous n'avons pu déterminer, la réponse à la contamination est très variable si la suspension contient moins de 100 000 spores au cm³. Néanmoins, le nombre moyen de taches obtenues est proportionnel à la concentration. Chaque point contaminé avec une suspension contenant au moins 100 000 spores au cm³ donne une tache de conidies. Cette expérience nous permede faire une remarque sur la méthode de contamination par pulvérisation. Dans ce cas, la suspension contient à peu près 200 000 spores au cm³ ; or, nous avons bien des fois déterminé que le dépôt de liquide pulvérisé dans les conditions précisées plus haut était de 5 à 6 mg par cm², ce qui conduit à admettre que chaque cm² est atteint par 1 000 à 1 200 spores. Par contre, la goutte de 0,05 cm³ déposée avec une pipette couvre 0,25 cm². L'apport précédent de spores par unité de surface serait réalisé dans le cas du dépôt à la goutte par une suspension à 6 000 spores au cm³. Or, les essais reportés tableau V montrent que cette concentration est très insuffisante pour assurer une contamination certaine. Nous rencontrons là une des causes de l'infidélité de la méthode par pulvérisation.

Localisation de la contamination. — Il n'est pas indifférent de contaminer l'une ou l'autre face de la feuille. Si on contamine la face supérieure de feuilles de vigne en 20 points par une suspension contenant 200 000 spores au cm³ on n'obtient pas de conidiophores à la face supérieure mais à la face inférieure le Mildiou apparaît de façon diffuse et non plus réparti en taches isolées. D'après RAVAZ et VERGE (21), les zoospores quoique libérées à la face supérieure, gagnent la face inférieure grâce à la gaine acqueuse qui enveloppe toute la feuille.

Cette explication ne nous paraît pas intégralement satifaisante pour expliquer notre observation puisque nous venons de constater que la présence d'un nombre important de spores, à l'unité de volume est nécessaire pour que l'infestation se développe, et que, quoique diffuse la tache de conidiophores a un point de départ sur la face inférieure voisine du point d'inoculation.

Comparaison de la contamination des feuilles détachées et des feuilles sur plants de vigne. — Le même mode de contamination utilisé pour la feuille séparée a été appliqué à des feuilles restant sur la plante. Les résultats sont identiques. A 20 points de contamination correspondent après 5 à 7 jours 20 taches de conidiophores.

Description de la méthode.

Le mode d'inoculation étant bien déterminé, la méthode comprend les points suivants :

a) Culture des vignes.

Les vignes de la variété Chasselas de Fontainebleau sont cultivées en pot, sous abri ou en serre, suivant la saison. Les plantes sont obtenues par bouturage au printemps de fragments de sarments au repos dans les conditions indiquées par Morel (17). Les feuilles mises en expérience sont choisies jeunes. En hiver, après avoir taillé les vignes, on les met débourrer en serre. On peut avoir ainsi une production continue de feuilles.

b) Traitement des feuilles.

Le traitement est fait par pulvérisation. Un pulvérisateur fixe fonctionnant sous une pression de 1 kg, projette sur la face inférieure des feuilles un poids de bouillie variant entre 5 et 8 mg au cm^2. Ce poids est vérifié au moyen de la pesée d'un carré de papier filtre taré de surface connue, traité en même temps que les feuilles. Pour chaque concentration étudiée, on emploie au moins 6 feuilles en deux séries. Après traitement, les feuilles sont posées sur leur face supérieure dans le fond d'une boîte de Pétri recouverte d'un papier filtre. On les laisse sécher. Le lendemain de la pulvérisation, elles sont contaminées.

c) Contamination des feuilles.

1° *Récolte et culture du Mildiou.* — Les conidies provenant de feuilles infectées sont balayées légèrement à l'aide d'un pinceau, et tombent dans un récipient contenant de l'eau distillée sur pyrex, dans laquelle elles se mettent en suspension.

Le Mildiou est entretenu tout le long de l'année par passages successifs sur feuilles saines. Les passages se font tous les 10 jours environ. En hiver, si on désire économiser la consommation de feuilles on peut garder les feuilles portant des conidiophores à une température de 4 à 6° pendant un mois. Au bout de ce temps, les conidies n'ont pas perdu leur pouvoir germinatif, mais le mycelium présent à l'intérieur de la feuille, ne redonne pas de conidies. RAVAZ et VERGE (19) ont fait des constatations semblables sur feuilles atteintes de Mildiou, portées pendant 23 heures à — 12°. Mlle DEBRAUX (3) conserve des limbes de feuilles de vigne, découpés à l'emporte-pièce, en petits fragments, en atmosphère humide, en boîte de Pétri, pendant plusieurs mois en excellent état de conservation et préconise cette méthode pour l'entretien du Mildiou avec un matériel peu abondant. Elle recommande cependant d'opérer en milieu et d'une façon aseptique.

2° *Inoculation.* — La suspension des spores ajustée à environ 200 000 spores au cm^3 est déposée en 20 points sur la face inférieure de la feuille à l'aide d'une pipette.

Après la contamination, on humidifie le papier filtre placé sous les feuilles, on ferme les boîtes de Pétri. Les feuilles sont ainsi maintenues en atmosphère humide pendant 24 heures. Au bout de ce temps, les spores ont germé ; on enlève l'eau des gouttes de contamination en la faisant monter par capillarité le long d'une mèche de papier filtre. Après 5 jours d'incubation à une température au moins égale à 20°, on imbibe à nouveau le papier du fond de la boîte, si c'est nécessaire ; les taches de conidiophores commencent alors à apparaître. On les compte tous les jours, jusqu'à ce que leur nombre n'augmente plus pendant 3 jours.

d) **Résultats.**

1° *Nombre de taches en fonction de la concentration.* — Nous avions pensé que le nombre de taches pourrait être fonction du dépôt de fongicide, donc de la concentration du produit dans la suspension pulvérisée. Nous avons vérifié cette hypothèse en traitant des feuilles de vigne avec des concentrations différentes de bouillie bordelaise. Les résultats que nous avons obtenus sont résumés dans le tableau VI.

L'essai ne répond pas par « tout ou rien », ce qui pourrait se produire, toutes choses, hors la concentration, étant par ailleurs égales, si les spores au contact du fongicide germaient ou ne germaient pas. On peut donner à ce phénomène une explication partielle, en considérant qu'un fongicide agit *in vitro* en inhibant un plus ou moins grand nombre de spores suivant sa concentration. Dans ces conditions, un traitement à des concentrations croissantes équivaut à une contamination avec un nombre décroissant de spores. Or, comme nous l'avons vu, la conta-

mination est fonction du nombre de spores dans la goutte d'eau contaminatrice (tableau V), donc en traitant des feuilles de vigne avec des quantités croissantes de produit, puis en les contaminant avec la même suspension (qui contient 200 000 spores au cm^3), on doit obtenir un nombre de taches en relation avec la concentration employée.

TABLEAU VI

Nombre de taches obtenu en fonction de la concentration de la bouillie bordelaise.

Concentrations en bouillie bordelaise	Concentrations en cuivre	Nombre de taches pour 20 points d'inoculation	Nombre moyen de taches
0,005 p. 100	$1{,}2 \cdot 10^{-5}$	15-2-0-0-1-11-16-18	5,2
0,01 p. 100	$2{,}5 \cdot 10^{-5}$	0-0-0-10-2-8-0-0-0-0-1-6	2,5
0,02 p. 100	$5 \cdot 10^{-5}$	0-0-0-0-1-0	0,16
0,05 p. 100	$1{,}2 \cdot 10^{-4}$	0-0-0-0-0-0	0
0,1 p. 100	$2{,}5 \cdot 10^{-4}$	0-0-0-0	0
Témoin			20

Cependant, les résultats exposés dans le tableau montrent que le nombre de réponses positives varie d'une série à l'autre. Ceci n'a rien d'étonnant. En effet, lorsqu'on détermine la sensibilité de spores de souches MAC CALLAN cultivées sur milieu artificiel, on trouve des variations entre 2 lots ; lorsqu'on contamine des feuilles avec une suspension de spores, l'introduction de matériel vivant amène une seconde cause d'erreur, et dans le cas présent, les différences possibles entre deux traitements sont une troisième source de variations dans la réponse. Mais si en répétant plusieurs fois l'expérience, on prend le nombre moyen des taches obtenues sur les feuilles traitées à une même concentration, on s'aperçoit qu'il varie en sens inverse de la concentration. On peut ainsi trouver une concentration à partir de laquelle dans l'ordre décroissant le produit n'assure plus une protection complète. C'est la concentration seuil qui caractérise un produit.

Dans le cas du cuivre de la bouillie bordelaise, et dans les conditions végétatives des séries d'essais, cette concentration est en moyenne 5.10^{-5}.

On peut ainsi définir pour chaque produit un seuil d'action qui, malgré son degré d'imprécision, peut être utilement comparé avec les concentrations limites des substances de référence. Étant donné les grandes variations existant d'un essai à un autre, on introduit les étalons dans chaque série, et la comparaison est faite pour chaque série.

Nous indiquons à titre d'exemple la comparaison des seuils d'action des produits 5 et 6 déjà mentionnés qui avaient montré une activité fongicide sur *Alternaria oleracea* cultivé sur milieu artificiel, avec ceux du cuivre de la bouillie bordelaise et du zinèbe.

2° *Seuils d'action de différents produits.* — Le tableau VII rend compte des résultats que nous avons obtenus.

TABLEAU VII

Efficacités de différents produits sur Plasmopara viticola.

Désignation du produit	Concentrations en matière active									
	$2{,}10^{-3}$	$1{,}10^{-3}$	$5{,}10^{-4}$	$2{,}5.10^{-4}$	$1{,}10^{-4}$	$6{,}5.10^{-5}$	$5{,}10^{-5}$	$2{,}5.10^{-5}$	$1{,}25.10^{-5}$	
	Nombre moyen de taches pour 20 points d'inoculation									
Témoin										20
Bouillie bordelaise .							0	0	1,2	
Zinèbe				0	0,3	1				
Ech. 5	6,5	14,5	13	19,5	20					
Ech. 6					0		0,6	6		

Le seuil d'action de l'échantillon 6 est aux environs de 5.10^{-5} ; celui du cuivre se situe ici vers $2\ 10^{-5}$ et celui du zinèbe est voisin de 1.10^{-4}. Le produit est donc environ 2 fois moins actif que le cuivre, et 2 fois plus efficace que le zinèbe. Il présente une activité fongicide appréciable, comprise entre celles du cuivre et du zinèbe. Le résultat est concordant avec celui trouvé au premier test d'efficacité.

A des doses 200 fois plus fortes que celles du cuivre, et 10 fois plus élevées que celles du zinèbe, l'échantillon 5 permet encore un développement appréciable du Mildiou. Il est pratiquement sans action sur *Plasmopara viticola* cultivé sur milieu végétal et sera considéré comme inactif pour la protection des organes aériens.

Cet essai montre comment par une seconde élimination, nous séparons les produits ayant une activité sur spores *in vitro* en deux groupes.

α) ceux actifs sur *Plasmopara viticola in vivo* qui sont retenus ;

β) ceux inactifs qui sont rejetés.

L'étude de l'échantillon 6 sera poursuivie ; au contraire le produit n° 5 sera *arbitrairement* considéré comme inefficace pour protéger les organes aériens des végétaux.

3° *Comparaison des résultats obtenus avec des feuilles reliées au pied et des feuilles isolées du pied.* — Nous nous sommes demandé si les feuilles détachées et privées de nourriture avaient des sensibilités au Mildiou différentes de celles des feuilles restant sur pied. Pour répondre à cette question, nous avons pulvérisé ensemble, avec de la bouillie bordelaise, des feuilles isolées, et des feuilles restant attachées à la tige. Nous les avons ensuite contaminées avec la même suspension de spores. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau VIII.

Les seuils d'action du cuivre sont sensiblement les mêmes (dans ces essais 2.10^{-5} et 5.10^{-5}) si on protège contre le Mildiou une feuille vivante,

TABLEAU VIII

Comparaison des seuils d'action du cuivre sur feuilles isolées et feuilles tenant à leur tige.

Concentrations en bouillie bordelaise %	Concentrations en cuivre	Nombres de taches de conidiophores pour 20 points d'inoculation	
		Feuilles isolées	Feuilles sur pied
0	0	20	20
0,005	$1 \cdot 10^{-5}$	3,5	2,5
0,01	$2 \cdot 10^{-5}$	0	4
0,02	$5 \cdot 10^{-5}$	0	0
0,05	$1 \cdot 10^{-4}$	0	0
0,1	$2 \cdot 10^{-4}$	0	0

ou une feuille restant en survie, mais au niveau de laquelle les échanges ne se font plus normalement.

4° *Rapport entre l'efficacité dans l'essai de laboratoire et l'essai au champ.* — *a*) Il existe une grande différence entre les concentrations limites d'action du cuivre de la bouillie bordelaise lorsqu'elle est employée au laboratoire ou en plein champ. Nous avons considéré que sur feuilles isolées de vigne, la dose moyenne de 5.10^{-5} en cuivre est la première qui n'assure plus la protection totale contre le Mildiou. Le dépôt étant en moyenne 6 mg au cm², c'est lorsqu'on met environ 0,3 γ de cuivre par cm² de feuille à la face inférieure qu'on ne protège plus.

STAEHELLIN et TRIVELLI (21) considèrent la dose de 5 γ de cuivre au cm² de feuille comme étant la limite critique de protection contre le Mildiou de la pomme de terre. En admettant également ce chiffre pour le Mildiou de la vigne, il faudrait environ 20 fois moins de cuivre au laboratoire qu'en plein champ pour obtenir le même effet. Ce rapport ne semble pas ridicule si on considère que lorsqu'on traite une feuille isolée, toute la bouillie pulvérisée tombe uniquement sur la face vulnérable au Mildiou, sans qu'il y ait de pertes. Or dans un traitement normal le rapport entre les quantités de cuivre déposées sur les deux faces des feuilles de vigne peut varier d'après LEMIERE (7) de 19 à 130 p. 100. Pour que toutes les feuilles reçoivent un dépôt suffisant de cuivre, il faut que la dose moyenne dépasse beaucoup la quantité minimum requise pour assurer la protection générale.

b) Les concentrations efficaces des produits sont sensiblement différentes suivant qu'on les emploie en plein champ ou au laboratoire. C'est ainsi que la dose d'emploi préconisée pour la bouillie bordelaise varie entre 1 et 2 p. 100, soit entre 250 et 500 g de cuivre à l'hectolitre. Le zinèbe est utilisé à 0,2 ou 0,3 p. 100 soit entre 130 et 195 g de matière active à l'hectolitre.

Au laboratoire, avec la méthode MAC CALLAN il faut environ 20 fois

plus de zinèbe que de cuivre pour obtenir le même taux d'inhibition, et en comparant les seuils d'action des deux produits sur le Mildiou de la vigne cultivé sur feuilles isolées (tableau VII) on s'aperçoit que le zinèbe est environ 5 fois moins actif que le cuivre.

On ne pourrait donc en aucun cas utiliser les résultats de laboratoire pour en déduire une dose d'utilisation pratique des produits essayés, mais on peut conclure que si un produit se montre efficace à l'essai sur feuilles isolées, il a de très grandes chances de posséder une valeur anti-cryptogamique sur organes aériens au champ, au moins contre certaines espèces de champignons. Toutefois, cette unique condition d'efficacité ne suffit pas pour qu'un fongicide ait une valeur pratique. De nombreux facteurs contribuent en effet à réduire le dépôt actif au moment de l'infestation.

Ces facteurs peuvent être :

a) d'ordre chimique et biochimique ; la substance antiparasitaire pouvant subir des modifications sous l'influence de la chaleur, de la lumière, de l'eau ou au contact de la plante traitée ;

b) d'ordre physique par suite du changement d'état du produit répandu ;

c) d'ordre mécanique. HORSFALL (5) cite le vent, le frottement des feuilles les unes contre les autres, la croissance des feuilles et la pluie comme facteurs pouvant faire varier la persistance des dépôts. STAUDERMANN (12) étudie en serre l'action combinée du vent et de la pluie artificiels. Nous avons retenu l'effet d'un lessivage comme test commode d'appréciation de la ténacité d'un produit.

III. — DÉTERMINATION DE LA PERSISTANCE DE L'ACTION FONGICIDE

Principe.

Comparaison entre le seuil d'action d'un produit sur le Mildiou de la vigne et le seuil d'action du même produit soumis, après son dépôt sur les organes à protéger, à une pluie artificielle dans des conditions déterminées. Établissement du rapport entre ces deux concentrations et comparaison avec le rapport entre les seuils d'action de la bouillie bordelaise traitée de la même façon.

La réalisation de ce test impose la condition de soumettre les feuilles traitées à une pluie définie. Les quantités d'eau, les temps d'arrosage, l'angle sous lequel arrivent les gouttes sont autant de facteurs dont les variations doivent être étudiées.

Dans une première étude, nous avons fixé arbitrairement le mode opératoire suivant :

1° *Traitement des feuilles.* — Les feuilles sont traitées comme dans l'essai d'efficacité, avec la différence qu'on utilise à chaque concentration un nombre double de feuilles et qu'on les divise en deux lots. Les feuilles du premier lot ne sont pas soumises au lavage auquel sont soumises celles du second.

2° *Réalisation de la pluie.* — La pluie artificielle est réalisée au moyen d'un système de trois pulvérisateurs fonctionnant simultanément sous une pression de 2 kg. Le débit d'eau est réglé de façon à ce que la hauteur moyenne d'eau tombée sur une surface circulaire délimitée par les jets des pulvérisateurs soit de 10 mm en deux heures.

3° *Arrosage des feuilles.* — Les feuilles du deuxième lot traité sont posées, après séchage de la bouillie fongicide sur un support circulaire incliné, de façon à ce que la pluie frappe toutes les parties sous un angle constant de 30°. Pour pallier au défaut d'homogénéité de la chute d'eau, il est bon de faire faire tous les quarts d'heure une rotation d'un quart de tour au support. Les feuilles se trouvent ainsi successivement dans les différentes parties de la surface arrosée.

4° *Contamination.* — Après séchage des feuilles lavées, les feuilles des 2 lots sont contaminées par la même suspension de spores de Mildiou.

5° *Résultats.* — On détermine le rapport des seuils d'action des fongicides étudiés dans les deux lots de feuilles traitées. Ce rapport, fonction de la tenacité des produits, est comparé à celui des seuils d'action de la bouillie bordelaise soumise au même traitement. Le tableau IX montre les résultats que nous avons obtenus avec le produit 6 qui avait montré une activité fongicide sur *Plasmopara viticola*.

TABLEAU IX

Action du lavage sur les seuils d'action de produits fongicides.

Produits	Concentrations en matière active					
	$2 \cdot 410^{-4}$	$1 \cdot 210^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 510^{-5}$	$1{,}25 \cdot 10^{-5}$	
	Nombre moyen de taches par feuille pour 20 points d'inoculation					
Témoin						20
Bouillie bordelaise :						
Feuilles non lavées ...		0	0	0	1	
Feuilles lavées		0	4	1	10	
Produit 6 :						
Feuilles non lavées ...	0	0	2	9		
Feuilles lavées	20	20	19	20		

Dans l'essai considéré, pour le cuivre de la bouillie bordelaise, le seuil d'action passe de $2{,}5\ 10^{-5}$ à $1{,}2\ 10^{-4}$ après lavage ; le rapport des deux concentrations est 1/5.

L'échantillon 6, à une concentration 5 fois plus élevée que celle qui correspond à la limite de protection sans lavage, n'a aucune efficacité sur *Plasmopara viticola*. Il perd, de ce fait, une grande partie de l'intérêt qu'il paraissait posséder par le simple examen de son pouvoir fongicide.

IV. — COMPARAISON DU TEST DE LABORATOIRE AVEC UN ESSAI EN PARCELLES

Nous avons voulu vérifier si un essai au stade agricole confirmerait cette conclusion.

L'échantillon 6 a été étudié sur le Mildiou de la pomme de terre Il a été employé à 0,2 p. 100 et comparé à la bouillie bordelaise à 2 p. 100 et au zinèbe à 0,2 p. 100. Il a assuré au début une légère protection du feuillage, mais très vite son action est devenue pratiquement nulle. L'essai de plein champ a donc confirmé la conclusion des différents résultats au laboratoire : *effet fongicide sns intérêt agricole en raison du manque de persistance.*

V. — DISCUSSION DES TROIS TESTS

Pour mesurer les propriétés fongicides de substances diverses et apprécier au laboratoire la possibilité de leur emploi au champ, dans la protection des organes aériens des végétaux, nous employons un ensemble de trois tests. Ces trois méthodes possèdent des précisions et des possibilités d'utilisation différentes.

Les renseignements fournis par la méthode Mac Callan sont les plus précis. On peut évaluer avec elle la D. L. M. des produits étudiés avec une précision de ± 10 p. 100. La cause la plus importante d'irrégularités dans les résultats, est la variation de sensibilité des lots différents de spores. On peut remédier à ce défaut en faisant un nombre suffisant de répétitions. La méthode s'applique bien à la recherche des propriétés fongicides de substances nouvelles. Nous nous en servons également comme premier test de discrimination des produits présentant une action fongicide pour préserver les organes aériens des végétaux. Il n'y a pas de corrélation certaine entre l'action *in vitro* d'un fongicide sur les champignons des souches Mac Callan, et son action *in vivo* en plein champ, sur des champignons différents. On court donc le risque d'éliminer certaines substances présentant un intérêt pratique. Cependant, les fongicides sont en général plus actifs *in vitro* qu'*in vivo*, et le danger d'écarter des produits intéressants semble minime, en comparaison des avantages certains qu'on retire de l'application de la méthode Mac Callan.

Le second test d'étude présente un double avantage :

— il s'adresse à un champignon d'importance agricole ;

— il fait intervenir la feuille encore vivante.

En appliquant cette méthode, il ne faut pas s'attendre à obtenir une grande précision. Les principales causes de variations dans les résultats sont en effet :

— des différences de sensibilité entre les lots de spores ;

— des différences de résistance entre les feuilles ;

— des différences entre les traitements.

Néanmoins, les réponses qu'on obtient avec cette technique sont en rapport avec les concentrations des fongicides employés, et sont assez fidèles pour qu'on puisse fixer des zones de seuils d'action des produits étudiés.

Il est insuffisant, pour avoir une idée de l'intérêt agricole que peut présenter un produit, de ne posséder qu'un seul champignon d'étude. Il serait souhaitable d'opérer avec plusieurs champignons tests de sensibilités différentes.

La valeur du test d'appréciation de la persistance des produits ne sera connue, que lorsqu'on aura étudié les variations des réponses en fonction :

— de la quantité d'eau reçue ;

— du temps pendant lequel les feuilles sont soumises à la pluie ;

— du type de pluie réalisée ;

— de la position des feuilles par rapport au jet des pulvérisateurs.

Les conditions que nous avons définies arbitrairement, nous permettent cependant de mettre en évidence la très faible persistance d'un produit comme nous l'avons montré, à titre d'exemple, sur un ammonium quaternaire ; propriété qui a été vérifiée par un essai de plein champ.

V. — CONCLUSION

Nous avons décrit la méthode que nous employons pour apprécier au laboratoire les propriétés fongicides de substances nouvelles et pour juger de leur possibilité d'emploi au champ pour protéger les organes aériens des végétaux. Cette méthode ne permet pas de porter une appréciation sur la valeur fongicide générale d'un anticryptogamique. Elle nous a cependant rendu un certain nombre de services, et les résultats que nous avons obtenus en l'appliquant ont été confirmés par des essais de plein champ.

Reçu pour publication le 10 *mai* 1956.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Baldacci (E.) et Cifferi (R.). — Indagini tossichometriche sergli anticrittogamichi XIX. Determinazione del potere anticrittogamico preventivo immediato su vito artificialmente infettate con Peronospora in serra. *Atti Instituto botanico Universita Pavia*, série 5, **5** (1), pp. 130-144, 1943.

(2) Borzoni (G.). — Contributo allo studio di metodi pratici di analisi biologica e tecnica di anticrittogamici, con particolare riguardo a poltiglie da nella lotta contro la Peronospora della vite (*Plasmo para viticola*). *Bolletino Della R. Stazione di Patologia vegetale di Roma*, **20**, pp. 253-299, 1940.

(3) Debraux (G.). — Recherches sur les feuilles isolées en survie. *Gallica biologica acta*, vol. 1, Fasc. 2, pp. 131-138, 1948.

(4) Debraux (G.) et Gavaudan (P.). — Culture du mildiou de la vigne et essai au laboratoire de la valeur anticryptogamique de quelques substances organiques et organométalliques. *Gallica biologica acta*, **1**, (1), pp. 3-10, 1948.

(5) Horsfall James (C.). — Fungicides and their action Waltham. Mass. U. S. A., 1945, 1 volume.

(6) Kirby (A. H. M.) and Frick (E. L.). — The glass-slide germination test as a simple precise tool for toxicity studies with Venturia sp. 3e Congrès international Phytopharmacie, Paris, 1952. vol. II, 25-30.

(7) Lemière (A.). — Expérimentation sur l'efficacité des méthodes de traitement anticryptogamique. *Commission internationale du Génie rural.* Réunion à Rome du 28 avril au 1er mai 1951.

(8) Mac Callan (S. E. A.) and Wilcoxon (F.). — An analysis of factors causing variation in spore germination test of fungicides. 1. Method of obtaining spores. *Contr. Boyce Thompson Inst.*, **11**, 5-20, 1940.

(9) Mac Callan (S. E. A.) and Wilcoxon (F.). — 2. Methods of spraying. *Contr. Boyce Thompson Inst.*, **11**, 309-324, 1940.

(10) Mac Callan (S. E. A.) and Wilcoxon (F.). — 3. Slope of toxicity courbes, replicate tests and fungi. *Contr. from Boyce Thompson Inst.*, **12**, 49-77, 1941-42.

(11) Mac Callan (S. E. A.) and Wilcoxon (F.). — 4. Time and Temperature. *Contr. from Boyce Thompson Inst.*, **13**, 431-451, 1942.

(12) Mac Callan (S. E. A.) and Wellman (R. M.). — A greenhouse method of evaluating fungicides by means of tomato foliage diseases. *Contr. fr. Boyce Thompson Inst.*, **13**, 93-134, 1943.

(13) Mac Callan (S. E. A.). — Evaluating fungicides by means of greenhouse Snapdragon rust. *Contr. fr. Boyce Thompson Inst.*, **13**, 367-384, 1945.

(14) Marsh (R. W.). — Notes on a technique for the laboratory evaluation of protective fungicides. *Brit. Myc. Soc. Trans.*, **20**, 304-309, 1936.

(15) Miller (H. J.). — Modifications of the slide germination method of evaluating fungicides including the use of Venturia inaequalis and Phytophthora infestans. *Phytopath.*, **39**, 245-259, 1949.

(16) Montgomery (M. B. S.) and Moore (M. H.). — A laboratory method for testing the toxicity of protective fungicides. *J. Pomol.*, **15**, 253-66.

(17) Morel (G.). — Méthode d'essai en serre des produits de lutte contre le mildiou de la vigne. *Ann. des Epiph.*, XIII, 57-67, 1947.

(18) Payen et Brebion. — Examen de quelques méthodes d'essais préliminaires des produits destinés aux traitements anticryptogamiques. 3e *Congrès intern. Phytopharmacie*, 1952, vol. 2, 56-65.

(19) Ravaz et Verge. — Influence de la température sur la germination des conidies du mildiou. *Pr. Agric. et vitic.*, 170-177, 1912.

(20) RAVAZ et VERGE. — Recherches sur le mildiou de la vigne. *Ann. Ec. Nat. Agric. Montpellier*, XIV, 169-200.
(21) RAVAZ et VERGE. — Sur le mode de contamination des feuilles de vigne par le mildiou. *Pr. Agric. et viticole*, 6-10, 1912.
(22) STAEHLIN (M.) et TRIVELLI (G.). — Les appareils de pulvérisation et leur emploi dans la lutte contre le mildiou de la pomme de terre. *Revue romande d'agric. de vitic. et d'arbor.*, 37-39, mai 1953.
(23) STAUDERMANN (W.). — Methoden zur Prüfung von Pflanzen und Voratschutz Mitteln XII. Methoden zur Prüfung von Peronosporamitteln in Gewächshaus. *Mitteilungen aus der biologischen Reichsanstalt für Land und Fortwirtschaft*, **55**, 43-50, 1937.
(24) STUBBS (J.). — Greenhouse methods of evaluating foliage fungicides. 3e *Congrès inter. Phytopharmacie*, Paris 1952, vol. III, 79-84.

L'ÉLEVAGE DE *PIERIS BRASSICAE L.* POUR LES ESSAIS DE TRAITEMENTS MICROBIOLOGIQUES

PAR

P. GRISON et R. SILVESTRE de SACY

Laboratoire de Biocœrnotique et de Lutte biologique, La Minière (Seine-et-Oise).

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Introduction.

II. — Particularités physiologiques.

III. — Accidents pathologiques.

IV. — Conditions et techniques d'élevage.

V. — Résultats obtenus et conclusion.

I. — INTRODUCTION

Les élevages en insectarium d'insectes phytophages ont une importance de plus en plus grande dans les recherches de Biologie appliquée, surtout s'ils permettent d'assurer une production à la fois en quantité importante et en toutes saisons. En particulier ils sont indispensables au succès de toute entreprise de lutte biologique.

Ils sont utilisés également pour les études toxicologiques dans les laboratoires d'entomologie agricole et de phytopharmacie où ils tendent à se substituer aux traditionnels élevages de Grillons, de Calandres et de Teignes des farines dont le régime alimentaire ou la sensibilité aux insecticides ne sauraient être généralement comparés à ceux des espèces rencontrées communément dans nos cultures.

Par exemple, cette conception est à l'origine de l'extension jusqu'au cadre agricole, de l'étude des actions ovicides entreprises depuis plusieurs années au Laboratoire de Phytopharmacie de l'I. N. R. A. (Mlle CHANCOGNE, MM. GRISON et VIEL, 1953) (4) (1).

(1) Nous décrirons ultérieurement comment a été envisagée et précisée la technique qui permet à l'un de nous d'obtenir chaque année plusieurs dizaines de milliers d'œufs de Cheimatobie.

De même les études sur les brouillards insecticides en forêt (BILIOTTI, CHARMET et GRISON, 1955) (1) ont pu être conduites sur une espèce peu fréquente, mais d'une grande facilité d'élevage, *Malacosoma neustria* L., voisine des Insectes qui retenaient plus spécialement notre attention (Processionnaires et *Lymantria dispar* L.) (GRISON et SILVESTRE de SACY, 1954) (8).

Plus récemment en considérant le problème de l'utilisation de bactéries sporogènes (*Bacillus thuringiensis* BERLINER) comme méthode de lutte microbiologique (GRISON, ces annales) (7), contre les larves de certains Lépidoptères, nous avons eu recours à des élevages de *Pieris brassicae* L. Nous avons exposé ailleurs les raisons de ce choix qui ne s'est pas porté sur la Piéride du Chou, dont l'intérêt agricole n'est pas négligeable, pour la commodité de l'élevage ; nous nous proposons justement de montrer les difficultés qui doivent être surmontées et les problèmes qui doivent être résolus pour assurer une production intensive et permanente de lots d'insectes aussi homogènes que possible.

II. — PARTICULARITÉS PHYSIOLOGIQUES

L'une des particularités physiologiques qui rend difficile et incertaine l'obtention d'un élevage permanent d'Insecte phytophage, se rapporte au phénomène de la diapause. En effet, la plupart des espèces nuisibles aux plantes cultivées sont « hétérodynames » selon la terminologie de ROUBAUD (1919) (2) c'est-à-dire qu'elles subissent à un moment donné de leur cycle évolutif, un arrêt de développement dont la signification physiologique n'est pas discutée ici. BONNEMAISON (1945) (3) a donné une idée de la grande quantité d'espèces phytophages de tous ordres qui présentent ce phénomène à l'un ou l'autre stade de leur développement. Chez certaines espèces, l'arrêt de développement ne se produit qu'après un nombre variable de générations.

Le Lépidoptère, *Pieris brassicae* L. subit apparemment une diapause nymphale à la deuxième ou à la troisième génération dans la région parisienne tandis que, dans le midi de la France, l'espèce est susceptible de présenter quatre ou cinq générations successives. Dans ces conditions, il semble bien que, chez ce Lépidoptère le caractère obligatoire de cette diapause soit très discutable.

D'après des travaux récents, auxquels A. D. LEES [1950) (12) et 1955 (13)] a donné un large crédit, la durée de la photopériode s'exerçant pendant la vie larvaire, aurait un effet décisif sur certains processus physiologiques déterminant l'entrée en diapause des insectes. Ainsi, M. J. WAY et al. (1949) (29), ont montré qu'il est possible d'obtenir sans discontinuité de nombreuses générations de *Diataraxia oleracea* lorsque la photopériode à laquelle les larves sont soumises est supérieure à 16 heures.

W. David et B. Gardiner (1952) (5) ont pensé, sans analyser les causes exactes du phénomène, que cette caractéristique est applicable également à d'autres espèces et notamment à *P. brassicae* L.

En effet, grâce à un éclairage d'appoint de faible intensité fourni par des tubes fluorescents ou des lampes à incandescence ordinaires, il a été possible d'obtenir en décembre et janvier, des insectes qui poursuivent normalement leur développement jusqu'au stade imaginal.

Fig. 1. — Serre aménagée pour la reproduction des Pierides.

A ce stade, ils se présente alors une autre difficulté qui réside dans les capacités dynamiques élevées de ces excellents voiliers peu adaptables à la vie en captivité et dont le comportement sexuel et l'activité reproductrice requièrent certaines exigences énergétiques. Une grande partie de l'énergie absorbée provient du rayonnement calorifique solaire (Le Berre, 1953) (11) ; par conséquent, le volume de la cage dans laquelle sont placés les papillons doit être spacieux et il convient d'apporter, par l'intermédiaire d'une lampe à incandescence, de très forte intensité, une source de rayonnement capable de satisfaire aux besoins énergétiques minima des adultes.

Par ailleurs, l'adulte de *P. brassicae* appartient à un groupe de Lépidoptères chez lesquels la fertilité des femelles, selon Wigglesworth (1950, p. 476) (30), est conditionnée par une alimentation indispensable après

leur émergence. La nourriture, de nature essentiellement glucidique, est recherchée par le papillon dans le nectar des fleurs. Cette recherche est soumise à des particularités de comportement liées principalement aux sensibilités chromatiques de l'œil de l'Insecte. Les très intéressantes

FIG. 2. — Papillon s'alimentant sur fleur artificielle.

études de D. ILSE (1928) (9), nous renseignent sur celles-ci : au cours du butinage, les Piérides portent plutôt leur choix sur les fleurs de couleur bleue et pourpre. Pour cette raison, DAVID et GARDINER ont imaginé un modèle de fleurs artificielles dont nous nous sommes inspirés pour notre élevage.

III. — ACCIDENTS PATHOLOGIQUES

En soumettant des animaux « sauvages » à l'élevage dans des conditions artificielles, il y a davantage de risque d'affaiblissement de leur rusticité plutôt que d'amélioration rapide de leurs qualités physiologiques si une sélection rigoureuse et méthodique n'est pas pratiquée. Or, celle-ci ne peut être envisagée, dans l'état actuel des possibilités matérielles d'un Insectarium,que si la nature des travaux de recherche l'exige impérieusement. Nous sommes donc amenés, pour de nombreuses espèces, à « rajeunir » la souche d'élevage en la complétant ou en la remplaçant par des lots d'individus recueillis périodiquement dans la nature où la sélection s'opère d'une manière discontinue mais implacable.

Les manifestations pathologiques sont les symptômes les plus apparents, et les plus inquiétants, de l'affaiblissement d'une souche d'insectes. Elles sont parfois sporadiques et bénignes, résultant plutôt de mauvaises

conditions générales d'hygiène et d'une conduite défectueuse de l'élevage comme c'est souvent le cas dans les « flacheries » bactériennes. Mais elles peuvent être fatales et brutales et résulter d'une « prédisposition » due à l'Insecte ou au milieu même comme dans certaines épizooties à virose qui se déclenchent insidieusement sans cause apparente ou à la suite d'une manipulation inopportune (transfert, introduction de nouveaux pensionnaires infectieux, alimentation souillée). Ce sont ces dernières qui nous ont préoccupés davantage.

PAILLOT (1925)-(19), (1933)-(20) a étudié précisément sur la Piéride du chou un grand nombre de maladies dont nous ne décrirons pas l'étio-

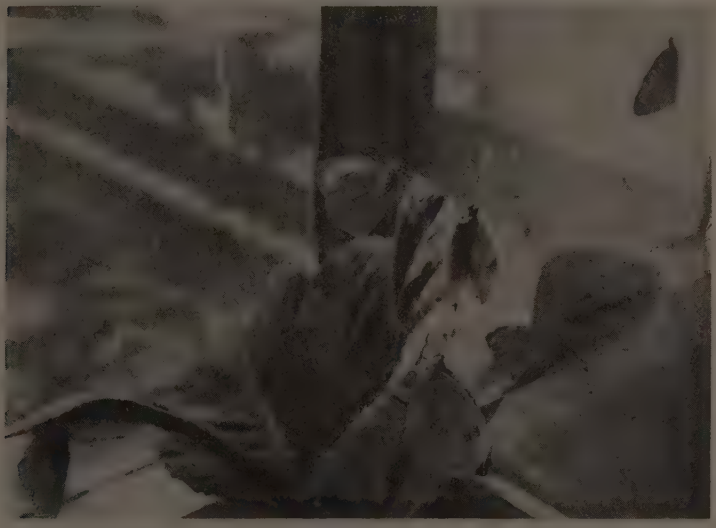


FIG. 3. — Papillon pondant sur plan de chou.

logie, et sur la connaissance desquelles la pathologie moderne est susceptible d'apporter une précieuse contribution. Par la prescription de règles d'hygiène, simples mais strictes, leur fréquence et leurs conséquences peuvent être considérablement atténuées. Parmi les accidents occasionnels, nous citerons une mycose qui n'a pas encore été identifiée exactement mais qui pourrait, semble-t-il être attribuée, par comparaison avec les observations récentes de H. BLUNCK (1951) (2), à *Entomophthora sphaerosperma* FRES signalé depuis 1870 par BREFELD et voisin de ces champignons qui, dans le midi de la France, déclenchent de très opportunes épizooties naturelles au moment des pullulations de certains Lépidoptères, tels *Arctia caja* L., *Euproctis phaeorrhoea* DON. (PICARD, 1913) (22). D'autres mycoses, comme les champignons du genre *Beauveria*, qui

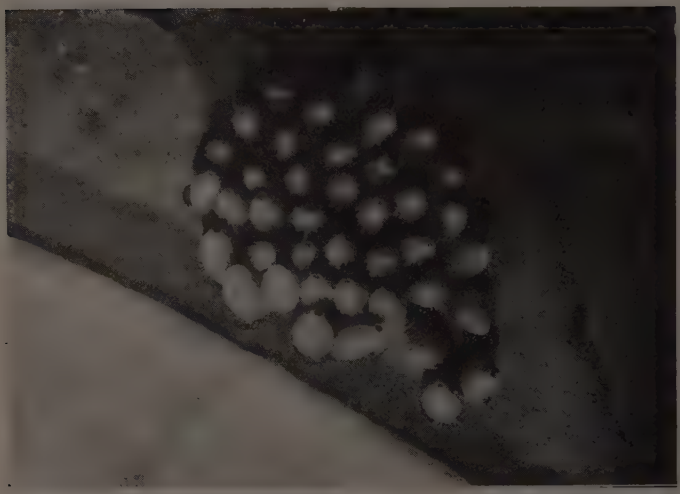


FIG. 4. — Ponte de *Pieris brassicae*.

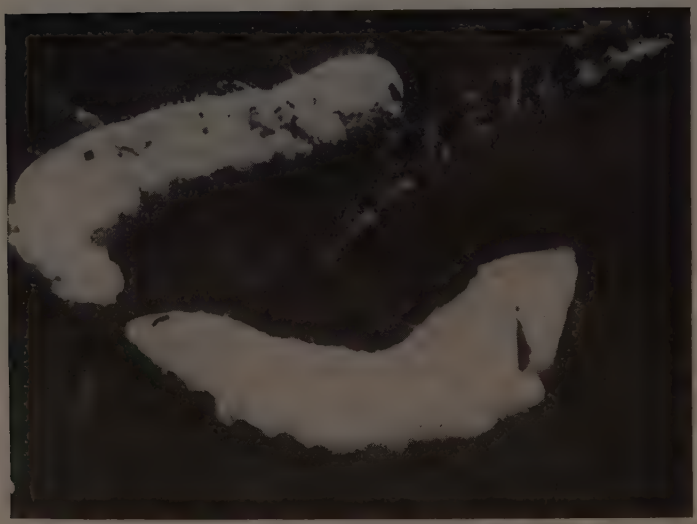


FIG. 5. — « Muscardine » sur *Pieris brassicae*.

s'attaquent à des Insectes de tous les ordres, se rencontrent également chez les *Pieridae* (TANADA, 1955) (25) particulièrement en élevage.

Les infections à sporozoaires du groupe *Perezia* que C. VAGO, du Laboratoire de Pathologie de la Station Séricicole d'Alès, a diagnostiquées dans un important lot d'octobre 1954, et que PAILLOT a décrites dans ses premières recherches de pathologie (1918) (15) peuvent ruiner les espérances d'un élevage : si la mortalité n'est pas totale parmi les chenilles, les adultes qui en proviennent ont une fécondité très réduite et peuvent transmettre les microsporidioses à leurs descendants, (PAILLOT 1924) (16).

A la suite de quelques essais de contamination artificielle des maladies à *Perezia* chez *Pieris rapae* L., TANADA (1953) (24) signale une mortalité rapide, en 6 à 7 jours, et totale de toutes les chenilles du lot, sous l'effet d'une granulose.

Il n'envisage pas l'apparition d'un complexe de morbidité ou de ces maladies à enchaînement (PAILLOT, 1930) (18) VAGO, 1956) (28) dont un exemple pourrait être donné par une manifestation pathologique fréquente dans nos derniers élevages et que nous distinguons des accidents typiques par l'appellation de « maladie brune », en attendant un diagnostic précis. Au début de la mort, le corps reste allongé et prend une teinte brune, la ligne dorsale virant au jaune sale ainsi que les bandes latérales. Puis, au stade de déliquescence s'écoule un liquide visqueux brun foncé ; de sorte que l'ensemble des symptômes post-mortem fait penser à la fois à une microsporidiose et à une granulose.

Enfin une maladie très redoutable, bien caractérisée par VAGO, et provoquée par un virus du type *Borrelina*, a provoqué en 1954, une épizootie qui a totalement décimé notre élevage.

Les symptômes de cette « granulose » se rapportent assez bien à ceux que PAILLOT (1933, p. 94) (20) a décrit ainsi : « les chenilles malades se reconnaissent extérieurement à la teinte porcelanée de la partie ventrale du corps ; au moment de la mort, la peau se déchire très facilement et laisse écouler un liquide laiteux semblable à celui des vers à soie atteints de grasserie ». Nous avons pu suivre l'évolution de la maladie reproduite dans les clichés ci-joints (fig. 6) jusqu'au moment où le liquide visqueux jaune orangé, s'évacue totalement du corps de la chenille qui conserve une coloration jaune citron. Auparavant, la chenille malade se reconnaissait à ses téguments distendus qui faisaient paraître le corps plus gros que celui d'une chenille saine ; la teinte était plus claire tandis que les taches dorsales noires, et latérales grises, devenaient violacées et même rose vif après la mort.

L'agent infectieux a été observé et caractérisé par PAILLOT (1926) (17) ; le virus proprement dit a été récemment mis en évidence et décrit après avoir été libéré du corps d'inclusion avec une solution de soude caustique à 4 p. 10 000 par VAGO (C.), LÉPINE (P.) et CROISSANT (O.) (1955) (27).

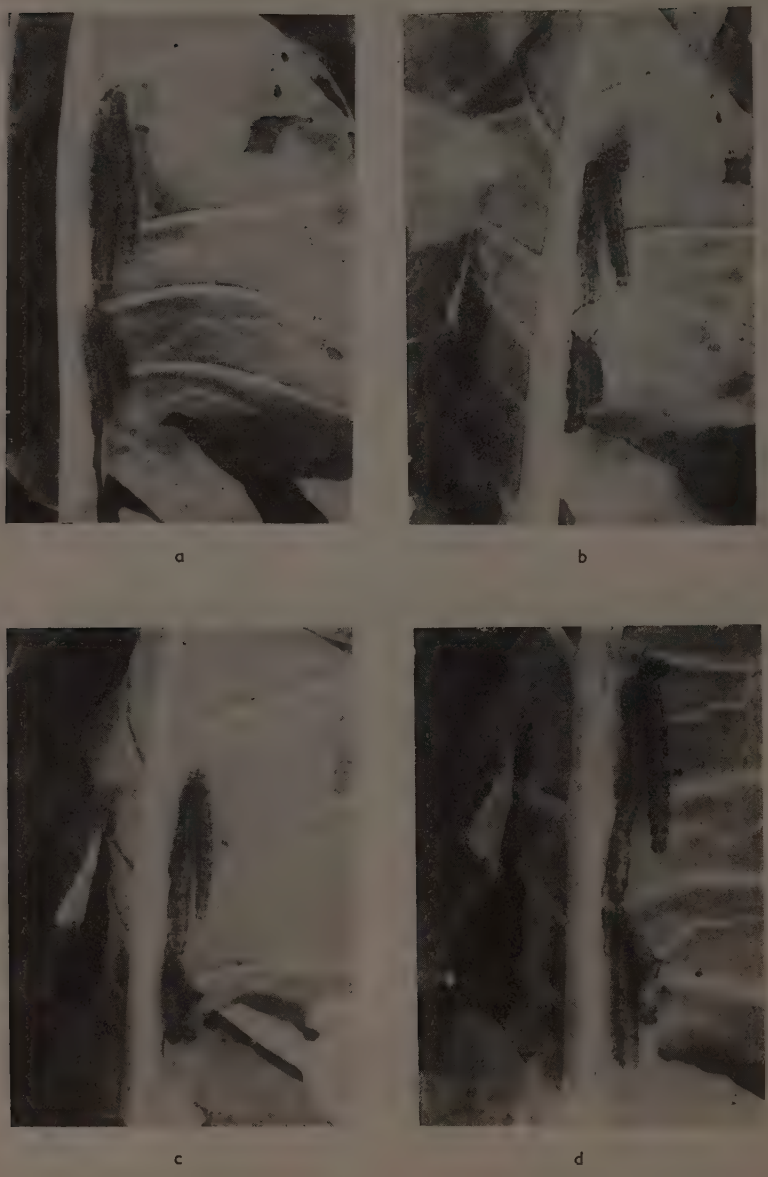


FIG. 6. — Évolution de « granulose » sur *Pieris brassicae* : *a*) première manifestation de la maladie. — *b*) 45 minutes plus tard. — *c*) 16 heures après *b*. — *d*) 1 heure après *c*.

Dans un élevage expérimental, nous avons constaté le déclenchement d'une épizootie en nourrissant les chenilles avec du feuillage étiolé de l'intérieur d'une « pomme » de chou âgé, accident qui ne s'est pas présenté dans le lot de chenilles alimentées avec les feuilles vertes externes du même chou.

C'est un exemple de « cause prédisposante » à l'infection (PAILLOT, 1941) (21) que VAGO (1953) (26) a caractérisée dans l'apparition expérimentale de grasserie chez le Ver à soie nourri de feuilles jeunes durant les derniers stades larvaires.

IV. — CONDITIONS ET TECHNIQUES D'ÉLEVAGES

La sensibilité de *Pieris brassicae* L. à l'infection provoquée par divers germes pathogènes, impose des conditions d'hygiène aussi strictes que possible, dans la conduite des élevages. Après chaque série ou génération de papillons, la serre, ou la cage, dans laquelle ceux-ci ont vécu et ont pondu, est soigneusement débarrassée de tous les cadavres et désinfectée par une pulvérisation, soit d'eau formolée à 10 %, soit d'une solution recommandée par C. VAGO (*in litteris*) pour la désinfection des magnaneries et dont la formule est : sulfate double d'oxyquinoléine et de potassium = 1 g ; spécialité à base d'ammonium quaternaire 10 % = 4 cc ; eau du robinet q. s. p. 1 000 cc. Cette solution est employée à la dose de 0,250 litre par m^3. Les fleurs artificielles sont également désinfectées.

Le matériel servant à l'élevage des chenilles doit être soigneusement nettoyé et désinfecté ; à cette fin, nous utilisons une solution d'eau de Javel du commerce à 8-10 p. 100. Enfin, la litière et les cadavres sont incinérés chaque jour. D'autre part, l'aliment frais renouvelé quotidiennement doit avoir des qualités physiologiques qui, pour n'avoir jamais été définies expérimentalement, répondent à un choix empirique dont l'importance a été mise en évidence précédemment (« causes prédisposantes »).

D'une façon générale, nous offrons aux papillons de jeunes plants de choux de quelques semaines, repiqués en pots, qui servent de supports aux pontes et d'aliment aux jeunes larves. Les chenilles sont transférées par lots de 50 à 100 au 2e ou au 3e stade (puis en quantités plus réduites par la suite) dans des boîtes en matière plastique transparente et aérées par deux fenêtres grillagées. Il leur est offert le plus souvent du feuillage de « Chou cavalier » variété ne pommant pas et procurant tout l'hiver, un aliment frais et sain.

Pendant cette période de l'année, les élevages de chenilles sont soumis à un éclairage permanent à l'aide d'une lampe à incandescence de 40 Watts.

Les larves du dernier âge peuvent être regroupées dans des cages

grillagées pour y effectuer leur nymphose ou bien être maintenues par petits lots séparés dans les boîtes d'élevage. Il y a naturellement intérêt à changer fréquemment de boîtes durant la vie larvaire des Piérides pour des raisons d'aseptie. Les papillons nouvellement éclos sont transférés dans la « serre de ponte » où ils trouveront les conditions favorables à leur survie et à leur reproduction, ainsi qu'elles ont été définies dans un chapitre précédent : l'éclairage requis pour satisfaire à leurs exigences physiologiques est fourni, pendant six heures et seulement lorsque le soleil est totalement masqué, par une lampe à incandescence de 500 à 1 500 Watts.

Dans la région la plus éclairée, sont disposées six à huit fleurs artificielles, rappelant le modèle décrit par DAVID et GARDINER, pour offrir aux papillons l'eau miellée à 8-10 p. 100 dont ils se nourrissent. Ces fleurs sont constituées par un petit tube de verre de 50 mm de long et de 6 mm de diamètre à l'extrémité supérieure duquel est collée une collerette de matière plastique d'environ 40 mm de diamètre colorée avec du bleu d'aniline.

La fleur artificielle proprement dite est placée dans un second tube de verre un peu plus large mais un peu plus court, fixé à l'extrémité d'une baguette de bois de 50 à 60 cm de longueur, ce qui facilite les opérations de nettoyage et le renouvellement de l'eau miellée.

La solution nutritive doit être renouvelée deux ou trois fois par jour et quelquefois davantage si la température est élevée et si les papillons sont très nombreux, car ceux-ci se nourrissent fréquemment et avidement.

Par ailleurs, il faut éviter les blessures que les papillons pourraient subir contre des parois vitrées ou grillagées au cours de leur vol, et de leurs réactions photopositives : il suffit de tendre sous le vitrage de la serre ou sous le grillage métallique des cages, une mousseline ou un filet à mailles serrées qui a en outre l'avantage d'offrir aux femelles un support sur lequel elles s'aggripent solidement avant et pendant la pariade.

Enfin, il ne faut pas négliger les risques permanents, pendant la belle saison, de parasitisme provoqué par les insectes entomophages. Les œufs, dès leur dépôt, puis les larves, doivent être placés dans un local clos ou pourvu d'un système de protection efficace contre ce danger.

V. — RÉSULTATS OBTENUS ET CONCLUSION

La plupart des traités d'entomologie donnent d'excellentes indications sur les caractères du cycle évolutif de *Pieris brassicae* L. notamment à l'état larvaire. La durée du développement à différentes températures

a été étudiée en détail par KLEIN (1932) (10) à qui nous empruntons les chiffres suivants :

Durée du développement de P. brassicae (*selon* KLEIN).

	à 28°	à 24°	à 18°	à 14°
Préoviposition	2,7 jours	3,5 jours	6,1 jours	12,3 jours
Incubation	3,3 —	4,1 —	6,7 —	11,5 —
Dévelop. larvaire	11,4 —	14,3 —	22,8 —	36 —
Nymphose	6,7 —	8,8 —	16 —	34,7 —
Durée totale	21,8 —	28 —	48,3 —	94,3 —
Survie des imagos ♀	3,8 —	4,8 —	7,6 —	12,7 —
♂	3 —	3,7 —	5,6 —	9,1 —

Nous avons précisé la durée de chaque stade larvaire à quelques températures sans obtenir d'ailleurs de différences marquantes entre l'élevage individuel ou groupé des chenilles comme LEGAY (14) l'a constaté chez le Ver à soie, mais contrairement à ce qu'on observe chez d'autres espèces (GRISON, 1948) (6).

Durée des différents stades larvaires de P. brassicae.

	à 25°	Au laboratoire environ 18-20°	à 15°
1er stade	2 à 3 jours	3 à 4 jours	5 à 6 jours
2e stade	2 jours	3 à 4 jours	4 jours
3e stade	2 jours	4 jours	7 jours
Poids individ. moyen	«	10 ½ mg	«
4e stade	2 jours	3 jours	6 jours
Poids individ. moyen	«	122 ½ mg	«
5e stade	3 à 5 jours	7 à 9 jours	11 à 15 jours
Poids individ. moyen	«	370 mg.	«
Nymphose	«	9 à 11 jours	«

Nous avons également cherché à préciser la quantité d'aliment consommé par la chenille, afin d'établir des prévisions de culture de plantes nourricières pour organiser un élevage semi-industriel. Nous ne retiendrons que le chiffre de consommation d'une larve durant le dernier âge, soit en moyenne au laboratoire, 76 cm² (le minimum et le maximum pour 12 chenilles ayant été, 48,4 et 99,8 cm²).

Si les chiffres fournis par KLEIN pour les durées de développement des périodes préimaginales peuvent avoir une signification exacte, par contre, ceux que cet auteur donne pour la durée de vie des papillons, ne s'appliquent probablement qu'à des conditions très anormales d'existence en captivité. En effet, nous avons toujours obtenu des longévités beaucoup plus grandes en serre, et DAVID et GARDINER également dans les cages spacieuses qu'ils utilisèrent.

Par exemple, avec un lot de 57 femelles et 60 mâles éclos en février 1955, nous avons obtenu une survie minimum de 5 à 6 jours, maximum de 24 à 25 jours et une longévité moyenne de 17 jours pour 9 femelles et pour 12 mâles.

La fécondité moyenne obtenue dans les conditions précédemment décrites est tout à fait comparable à celle que mentionnent les traités d'entomologie : elle fut de 265 œufs par femelle dans deux séries consécutives à contre-saison, l'une en décembre 1954, la seconde en février 1955. Dans ces deux cas, le rendement fut de :

— 5 560 œufs pour 21 femelles,

— 15 087 œufs pour 57 femelles.

On ne peut tenir compte du nombre de pontes en raison des dérangements occasionnés par les manipulations de l'élevage qui accroissent la fréquence des dépôts. A 22°, nous avons observé une cadence de ponte correspondant au dépôt d'un œuf toutes les 15 ou 20 secondes.

Pour la commodité des contrôles, les choux sur lesquels ont été déposées les pontes de la journée, sont retirés de la serre et placés en insectarium jusqu'à l'éclosion. Il est donc facile, si cela est nécessaire, d'établir un « planning » de production. Par ailleurs, par le retrait journalier des plantes, on évite la constitution d'une surpopulation comprenant des insectes de divers stades parmi lesquels les chenilles plus âgées pourraient dévorer quelques œufs : cette sorte de « cannibalisme » est fréquent chez de nombreuses espèces et nous l'avons observé chez *P. brassicae* L.

Connaissant la durée de développement embryonnaire et des divers stades larvaires aux différentes températures, on peut alors en accélérer ou en retarder le rythme pour obtenir des chenilles d'un stade déterminé en quantité suffisante pour une date donnée. Il est également possible de placer des pontes à basse température (10° à 12°C) pour conserver des œufs pendant trois à quatre semaines. Nous pensons procéder à des observations systématiques pour nous permettre de préciser la durée de conservation aux basses températures sans danger pour la viabilité de la souche.

En conclusion, au moment où il est nécessaire de mettre au point des élevages de Lépidoptères susceptibles de fournir une production importante et semi-permanente de chenilles pour les essais de lutte microbiologique, nous avons rassemblé les éléments actuellement connus pour nous faciliter la tâche ; et plus spécialement en ce qui concerne les élevages de *Pieris brassicae* L. auxquels nous consacrons cette mise au point.

Parmi ces éléments, les accidents pathologiques ont une importance primordiale, en raison des risques directs qu'ils comportent pour la sauvegarde d'un élevage ; et aussi des inconvénients que peut représenter dans les essais une infection latente qui manifesterait sa présence en cours d'expérimentation en constituant avec un autre germe infectieux, ou sous

l'effet de « causes prédisposantes », une « entité morbide » désavantageuse dans l'interprétation des résultats des essais.

Étant donnée la destination des insectes de nos élevages, il n'est donc pas inutile d'avoir pu observer quelquefois l'apparition et l'évolution de certaines maladies typiques et de certaines « entités morbides » encore mal précisées. Cette caractérisation « clinique » constitue l'un des éléments essentiels des connaissances requises en vue de la bonne conduite des élevages destinés aux essais de lutte microbiologique.

Reçu pour publication le 26 mars 1956.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Biliotti (E.), Charmet (F.), Grison (P.). — Études sur les traitements par brouillards insecticides en forêt. (*Ann. I. N. R. A., ser. C, Epiph.*, **6** (2), 229-284, 1955).

(2) Blunck (H.). — Zur Kenntnis des Massenwechsels von *Pieris brassicae* L. mit besonderer Berücksichtigung des Dürrejahres, 1947. (*Zeitschr. Angew. Ent.*, **32** (2), 141-171, 1951).

(3) Bonnemaison (L.). — Arrêts de développement et diapauses. (*Ann. Epiph.*, **11** (1-2), 19-56, 1945).

(4) Chancogne (Mlle M.), Grison (P.) et Viel (G.). — Étude des actions ovicides. (*Ann. I. N. R. A., ser. C, Epiph.*, **4** (4), 467-477, 1954.

(5) David (W. H.) et Gardiner (B. O. C.). — Laboratory breeding of *Pieris brassicae* L. and *Apanteles glomeratus* L. (*Proc. R. Ent. Soc. London*, **27**, (4-6), 54-56, 1952).

(6) Grison (P.). — Effet du groupement sur la croissance des chenilles du Bombyx Cul brun (*Euproctis phaeorrhaea* Don. Lep. Liparidae) (*C. R. Soc. Biol.*, **142**, 610 612, 1948).

(7) Grison (P.). — Quelques aspects de la lutte microbiologique contre les ravageurs des cultures. (*ces annales*.

(8) Grison (P.) et de Sacy (R.). — Les chenilles défoliatrices. II. Les Bombyx. (*Bull. Horticole Liège*, **9** (10), 284-292, 1954).

(9) Ilse (D.). — Ueber den Farbensinn der Tagfalter (*Z. vergl. Physiol.*, **8**, 658-692, 1928).

(10) Klein (H. Z.). — Studien zur Oekologie und Epidemiologie der Kohlweisslinge. I. Der Einfluss der Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf Entwicklung und Mortalität von *Pieris brassicae* L. (*Zeitschr. angew. Ent.*, **19**, 395-448, 1932).

(11) Le Berre (J. R.). — Déterminisme du vol de l'Insecte. *Rev. Zool. Agric. et Appl.*, **52** (3), 90-96, 1953.

(12) Lees (A. D.). — The physiology of diapause. (*Sci. Progr. London*, **152**, 735-742, 1950).

(13) Lees (A. D.). — The physiology of diapause in Insects (*Cambridge Monographs in experimental Biology*, **4**, 151 p. Cambridge University Prsess, 1955).

(14) Legay (J.-M.) et Pascal (M.). — De l'effet de groupe chez le Ver à soie. (*C. R. Ac. Sci.*, **223**, 445-447, 1951).

(15) Paillot (A.). — Deux microsporidies nouvelles parasites des chenilles de *Pieris brassicae*. (*C. R. Soc. Biol.*, **80**, 66-68, 1918).

(16) Paillot (A.). — Sur la transmission des maladies à microsporidies chez les Insectes. (*C. R. Soc. Biol.*, **90**, 504-506, 1924).

(17) PAILLOT (A.). — Sur une nouvelle maladie du noyau ou grasserie des chenilles de *Pieris brassicae* et un nouveau groupe de microorganismes parasites. (*C. R. Ac. Sci.*, **182**, 180-182, 1926).

(18) PAILLOT (A.). — Influence des infections microbiennes secondaires sur le développement des ultra-virus chez le Bombyx du mûrier. (*C. R. Soc. Biol.*, **104**, 585-586, 1930).

(19) PAILLOT (A.). — Le problème de l'équilibre naturel chez les insectes phytophages. (*Rev. Gen. Sci.*, **36**, 206-211, 1925).

(20) PAILLOT (A.). — L'infection chez les insectes. (Patissier, Trevoux, 535 pp., 1933).

(21) PAILLOT (A.). — Les travaux de Pasteur sur la flacherie et les théories modernes sur la pathologie du tube intestinal du Bombyx du Mûrier (*Ann. Epiph.*, **7**, 99-117, 1941).

(22) PICARD (F.). — Les Champignons parasites des Insectes et leurs utilisation agricole (*Ann. Ec. Agr. Montpellier*, 13,121-248, 1913).

(23) ROUBAUD (E.). — Etudes sur le sommeil d'hiver pré-imaginal des Muscides. (*Bull. Biol.Fr. et Belg*, **56**, 455-544, 1922).

(24) TANADA (Y.). — A microsporidian parasite of the imported Cabbage-worm in Hawaii. (*Proc. Haw. Ent. Soc.*, **15**, 235-260, 1953).

(25) TANADA (Y.). — Field observations on a microsporidian parasite of *Pieris rapae* L. and *Apanteles glomeratus* L. (*Proc. Haw. Ent. Soc.*, **15**, 609-616, 1955).

(26) VAGO (C.). — Facteurs alimentaires et activation des viroses latentes chez les Insectes. (*Atti VI° Intern. Congr. Microbiol.* Rome 6-12 sept. 1953, vol. 5, ser. 16, 556-564, 1953).

(27) VAGO (C.), LÉPINE (P.), et CROISSANT (O.). — Mise en évidence du virus de la « granulose » (Pseudograsserie) de *Pieris brassicae* L. (*Ann. Inst. Pasteur*, **89** (4), 458-460, 1955).

(28) VAGO (C). L'enchaînement des maladies chez les Insectes (*Thèse*, Marseille, mai 1956).

(29) WAY (M. J.), HOPKINS (B. A.), et SMITH (P. M.). — Photoperiodism and diapause. (*Nature*, London, **164**, 615, 1949).

(30) WIGGLESWORTH (V. B.). — The principles of Insect physiology (544 pp. 3th ed. Methuen, London 1950).

PULVÉRISATION ET POUDRAGE AU LABORATOIRE PAR DES PRÉPARATIONS PATHOGÈNES INSECTICIDES

PAR

A. BURGERJON

Laboratoire de Biocénotique et de Lutte biologique, La Minière (Seine-et-Oise)

PLAN DU MÉMOIRE

I. — Introduction.
II. — Pulvérisation :
III. — Poudrage.
IV. — Utilisation pour les essais.
V. — Fidélité de la méthode.
VI. — Résumé.

I. — INTRODUCTION

Dans un mémoire précédent (1), P. Grison a montré l'intérêt des essais en laboratoire précédant l'expérimentation sur le terrain pour les applications des maladies des Insectes comme méthodes de lutte biologique. Dans ce but, les phytopharmaciens utilisent des « tours de traitement » qui répondent à des exigences techniques aussi rigoureuses que possible.

Parmi les exigences auxquelles doivent satisfaire les méthodes biologiques de test des insecticides (Tattersfield 1939) (10), une des plus importantes est relative à la répartition uniforme du produit sur une surface donnée. A cet effet de nombreux appareils de forme, sinon de principe, analogue ont été mis au point (3) (4) (5) (7) (8) (9).

En ce qui concerne les essais de préparations pathogènes au laboratoire, outre l'exigence de l'homogénéité de la distribution, il est indispensable d'opérer dans des conditions rigoureusement stériles. Pour satisfaire à ces deux impératifs, nous avons conçu un appareil capable de distribuer des préparations à la fois en pulvérisation et en poudrage et aussi bien sur des surfaces horizontales que sur des rameaux.

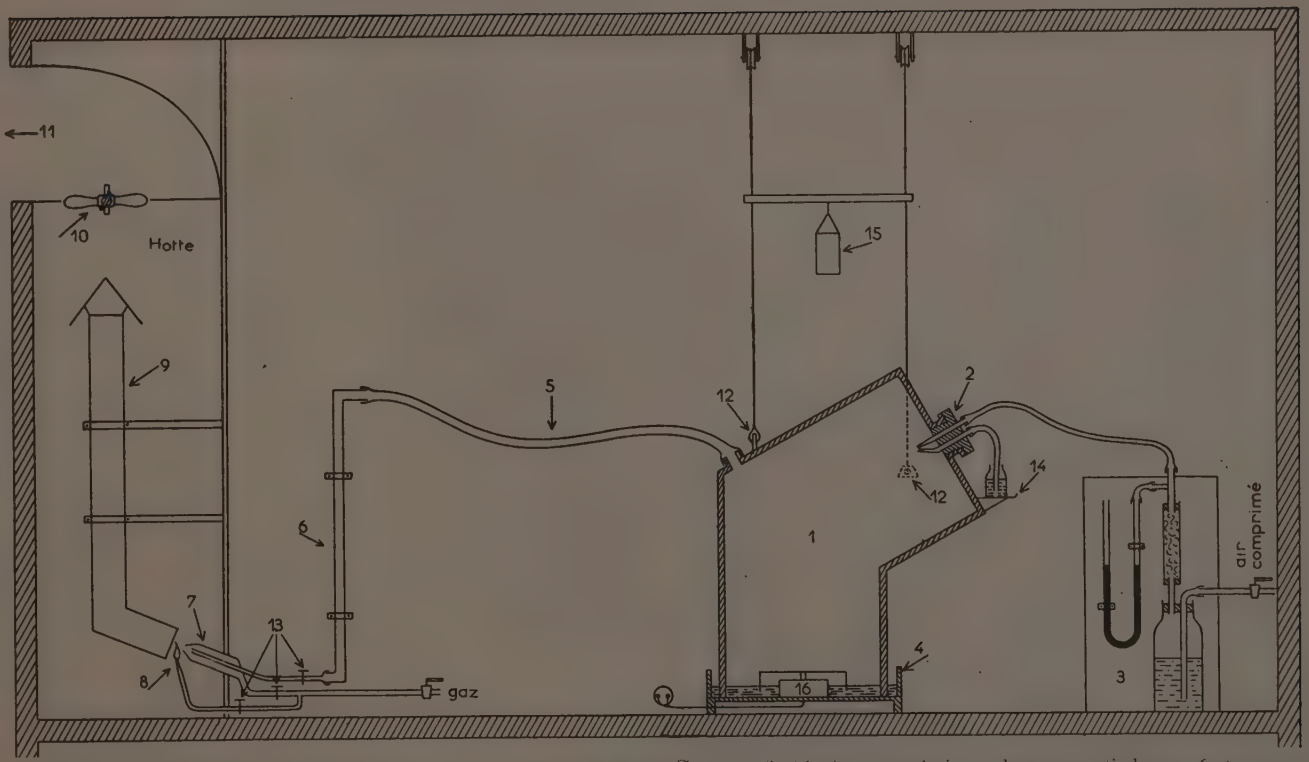


FIG. 1. — Vue schématique de l'installation entière. — 1) *Tour en plexiglas* Ø 30 cm. (intérieur), 4 mm épaisseur, hauteurs verticales : 476 et 295 mm, hauteurs obliques : 450 et 250 mm. — 2) *Bec pulvérisateur* : bouchon en plexiglas pouvant se visser dans la tour ; l'étanchéité est assurée par un joint en caoutchouc. Dans ce bouchon se trouvent deux tubes de verre : l'un laissant passer l'air comprimé et l'autre aspirant le liquide à pulvériser. — 3) *Ensemble de filtration* de l'air comprimé et *manomètre* (filtration à travers de l'eau et une colonne de coton hydrophile). — 4) *Cuvette* remplie d'eau ou d'un bactéricide non volatil et disque rotatif propulsé par un petit moteur électrique. — 5) *Tuyau flexible* de 20 mm de diamètre intérieur, évacuant l'air pollué et permettant le mouvement de haut en bas et vice-versa de la tour. — 6) *Tuyau rigide* de 20 mm de diamètre. — 7) *Chalumeau à gaz* dont le tuyau intérieur de 10 mm de diamètre laisse passer de l'intérieur de la tour l'oxygène nécessaire pour une bonne combustion du gaz et fait brûler en même temps les germes pathogènes. — 8) *Veilleuse*. — 9) *Tuyau de poêle* guidant la chaleur dégagée par la flamme. — 10) *Ventilateur*. — 11) *Ouverture* faisant communiquer la hotte et l'extérieur. — 12) *Crochets* de suspension de la tour. — 13) *3 robinets* de diverses conduites. — 14) *Plateau* permettant de poser le flacon contenant la préparation à pulvériser. — 15) *Contrepoids* (flacon en polyéthylène rempli de plombs de chasse). — 16) *Moteur* (tournedisque).

II. — PULVÉRISATION

1° **Homogénéité.** — Les traitements expérimentaux peuvent être appliqués à deux catégories d'objets :

— des objets pouvant être traités à l'aide d'un jet vertical comme : boîtes de Pétri, feuilles posées à plat, insectes, etc.

— des objets de formes multiples et dressés verticalement comme : rameaux de divers végétaux.

Or, les appareils réalisés jusqu'ici ne permettaient que la pulvérisation de l'une de ces deux sortes d'objets. Les appareils à jet vertical sont en effet très précis pour la pulvérisation sur une surface horizontale mais ne permettent pas, en général, une pulvérisation homogène sur des rameaux.

La forme de notre « tour de traitement » (fig. 1) permet d'exécuter les deux sortes de pulvérisations et nous donne une grande surface (30 cm) susceptible de recevoir le traitement d'une façon homogène (voir tableaux). La forme de la tour, ne présentant pas de surface horizontale, permet également un bon écoulement des gouttes posées sur les parois.

L'homogénéité de la pulvérisation fut acquise en posant l'objet à traiter sur un disque rotatif (33 tours à la minute).

2° **Le bec pulvérisateur.** — Puisque les préparations pathogènes sont constituées le plus souvent par des suspensions parfois visqueuses et troubles, le bec pulvérisateur doit permettre le passage sans obturation, de ces préparations. Or, le simple jet d'air aboutissant à la sortie d'un tube plongeant dans le flacon contenant la préparation fournit une pulvérisation fine en ayant une section de tube suffisamment grande (fig. 2 et 3).

Le brouillard fin qui en sort est brassé complètement dans la tour avant d'arriver sur l'objet à traiter.

3° **Stérilité.** — Du fait de l'utilisation des germes pathogènes, nous avons dû réaliser un dispositif étanche. A cet effet, la base de la tour, ainsi que les bords du disque d'entraînement plongent dans un bac contenant de l'eau ou un bactéricide non volatil.

L'évacuation de l'air pollué de la tour présente une difficulté supplémentaire si l'on veut éviter la libération de germes pathogènes dans la nature autour du Laboratoire. Le système le plus efficace et le plus simple pour pallier à cet inconvénient nous a semblé être le brûlage de l'air pollué sortant de la tour.

A cet effet la section du tuyau de sortie a été choisie assez forte pour que la faible surpression régnant à l'intérieur de la tour, suffisante

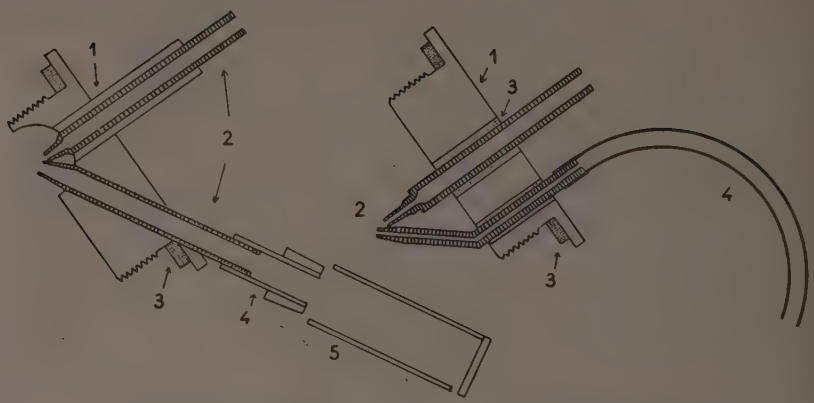


FIG. 2. — Coupe des becs pulvérisateurs (à droite) et poudreurs (à gauche), grandeur réduite aux deux tiers.

1) *Bouchon fileté* en plexiglas pouvant se visser dans la tour.
2) *Quatre tubes en verre* (les deux tubes supérieurs sont des extrémités de seringues hypodermiques).
3) *Joints* en caoutchouc.
4) *Tuyaux souples* en matière plastique.
5) *Tube en matière plastique* ayant à la base un petit trou de 1,5 mm de diamètre.

FIG. 3. — Photographie des becs « poudreur » et « pulvérisateur ».

pour alimenter un chalumeau à gaz, ne provoque pas un refoulement d'air au-dessous des parois de la tour.

L'air pollué sortant de la tour arrive donc dans une flamme, ce qui assure une destruction complète des germes pathogènes (fig. 5 et fig. 1). Une petite veilleuse indépendante de la pression régnant dans la tour assure une manipulation facile. La flamme est dirigée vers un petit tuyau de poêle pourvu d'un chapeau et tout ceci se trouve dans une hotte qui est en communication avec l'extérieur.

Les deux robinets du chalumeau (air et gaz) et le robinet de la veilleuse se trouvent cependant dans la pièce de traitement même, pour faciliter la commande de ceux-ci.

Le robinet « air » du chalumeau permet également de fermer hermétiquement l'intérieur de la tour et ses canalisations vis-à-vis de l'extérieur. On peut donc pulvériser du formol à la fin d'un traitement et fermer ce robinet afin de laisser à la tour remplie de formol le temps nécessaire à sa désinfection.

En haut de la hotte se trouve un ventilateur, permettant d'évacuer les vapeurs de formol à la suite d'une désinfection de la pièce de traitement, dans laquelle se trouve l'installation.

4° **Suspension de la tour.** — Pour faciliter l'échange des objets à traiter la tour est suspendue avec un contrepoids ; on enlève ce dernier pendant la pulvérisation même pour que la tour se pose dans la cuvette par son propre poids. On fixe le contrepoids de façon à ce que la tour s'incline légèrement vers l'arrière en position suspendue, de sorte que les gouttes posées sur les parois ruissellent vers l'arrière de la cuvette. De cette façon, ces gouttes ne risquent pas de tomber sur l'objet à traiter lorsqu'on enlève celui-ci de la tour.

III. — POUDRAGE

En remplaçant simplement le bec pulvérisateur par un bec « poudreur » la tour et ses accessoires peuvent faire fonction de tour poudreuse (fig. 2).

La poudre est mise dans un flacon percé d'un petit trou à la base ; elle s'en échappe lentement par le tube aspirateur, si on tape régulièrement sur le tuyau souple qui relie le flacon au tube aspirateur.

Le ramonage du tube aspirateur est facilité par une section assez large (2 mm de diamètre à la sortie) et l'absence de portion coudée.

IV. — UTILISATION POUR LES ESSAIS

Avant toute application pratique des suspensions pathogènes pour la lutte biologique, il est indispensable de tester au laboratoire l'activité des souches suivant une méthode rigoureuse et constante. Les différents types d'essais « au rameau » nécessités par ces mises au point sont actuellement réalisés à l'aide de la tour que nous venons de décrire (LEMOIGNE et al 1956) (6).

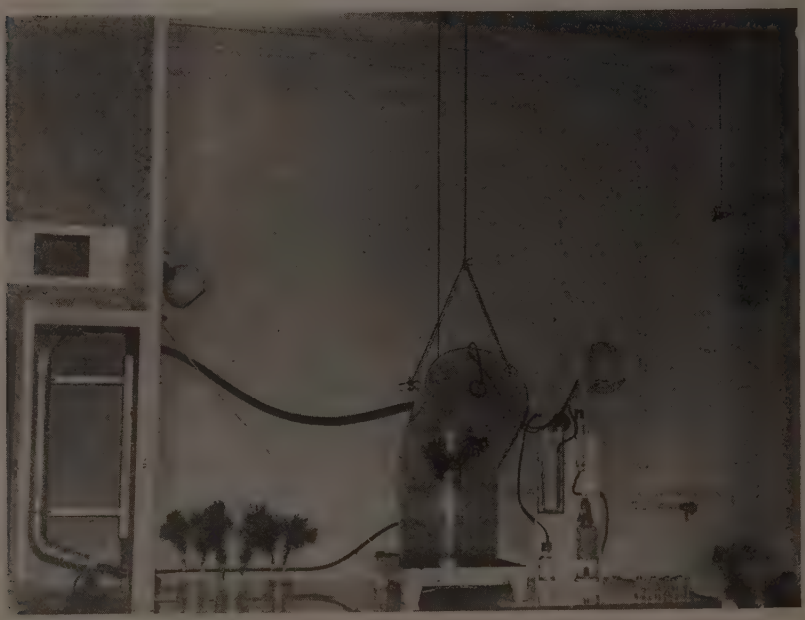


Fig. 4. — Photographie de l'installation en cours de traitement de rameaux de pin.

A l'heure actuelle nous utilisons comme insecte test pour les essais de virulence des chenilles de *Pieris brassicae* L. du 3e stade, élevées dans des conditions standard (GRISON et DE SACY 1956) (2).

Les contrôles sont effectués de la façon suivante :

— quatre feuilles de choux découpées de 7,5 cm sur 12,5 cm (ces mesures conditionnées par la dimension de nos récipients d'élevages), sont traitées simultanément avec la même préparation. Deux ce ces feuilles sont destinées à fournir l'alimentation à 50 chenilles (réparties en deux boîtes) ; les deux autres feuilles sont soumises à un examen bactériologique (effectué par l'Institut Pasteur).

Pour pouvoir poser 4 feuilles de ces dimensions dans la tour, nous utilisons des disques de plexiglas d'un diamètre de 28 cm.

Pour les essais relatifs à d'autres espèces élevées sur rameaux, nous utilisons des verres de lampes tempête comme récipients d'essai. La dimension de ces lampes tempête permet de traiter 2 ou 4 rameaux à la fois en les mettant dans 2 ou 4 tubes en polystyrène qui sont soudés sur une boîte ronde (9 cm de diamètre) posée à l'envers (fig. 4).

FIG. 5. — Détail de l'installation : chalumeau brûlant l'air pollué sortant de la tour.

V. — FIDELITÉ DE LA MÉTHODE

Pulvérisation : cinq pulvérisations de 10 cc. d'eau chacune ont été effectuées en plaçant 5 boîtes rondes en polystyrène d'un diamètre de 95 mm sur un disque en plexiglas. Les chiffres du tableau I indiquent les nombres de milligrammes d'eau recueillie dans ces boîtes.

Poudrage : des poudrages de 2 g de talc ont été réalisés à cinq reprises de la même façon (tableau II).

TABLEAU I

Homogénéité et fidélité des dépôts réalisés par pulvérisation.

	Dépôts en mg pour une boîte de 95 mm de diamètre				
	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5
	229,5	229,5	245,6	227,8	226,5
	227,9	229,4	241,6	232,1	226,0
	232,2	237,5	236,8	230,9	224,9
	238,7	234,5	236,9	229,7	229,0
	240,6	230,0	233,1	228,2	225,1
Total	1168,9	1160,9	1194,0	1148,7	1131,5
Moyenne	233,78	232,18	238,80	229,70	226,30

		S. C. E.	Var.	F.
Variation totale	24	732,06	30,5025	
Entre pulvérisations	4	434,55	108,64	7,328
Dans pulvérisation	20	297,51	14,8755	

TABLEAU II

Homogénéité et fidélité des dépôts réalisés par poudrage.

	Dépôts en mg pour une boîte de 95 mm de diamètre				
	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5
	85,9	86,8	83,2	86,2	81,2
	83,8	86,4	85,2	84,6	82,9
	86,1	87,1	84,0	87,0	80,4
	86,4	85,5	83,3	85,4	81,6
	85,1	85,7	81,8	83,4	80,3
Total	427,3	431,5	417,5	426,6	406,4
Moyenne	85,46	86,30	83,5	85,32	81,08

Variation totale	24	105,3104	4,3879	
Entre poudrages	4	80,6024	20,1506	F 16,31
Dans poudrage	20	24,7080	1,2354	

L'analyse a été effectuée par M. ARNOUX, chef du Service de Biométrie de l'I. N. R. A., que nous remercions vivement. Voici ses conclusions :

« Dans les essais, chaque série comporte 5 boîtes *simultanées*, il y a donc lieu de séparer les variations entre séries et dans les séries.

« La déviation standard calculée sur l'ensemble donne :

5, 523 (2, 38 p. 100) pour les pulvérisations ;

2, 095 (2, 48 p. 100) pour les poudrages.

« Mais si on élimine la variation entre séries, on obtient entre boîtes d'une même série :

3, 8 568 (1,66 p. 100) pour les pulvérisations ;

1, 1 115 (1,32 p. 100) pour les poudrages.

« Les déviations standard dans les différentes séries sont situées entre 1,64 et 5,61 (0,73 à 2,40 p. 100) pour les pulvérisations — entre 0,689 et 1,397 (0,69 à 1,40 p. 100) pour les poudrages. »

La comparaison des déviations obtenues dans nos essais avec celles de différents autres expérimentateurs (4... etc.) montre la grande régularité et la fidélité de notre méthode.

VI. — RÉSUMÉ

Les caractéristiques de la tour pour pulvérisations et poudrages insecticides (1) que nous avons mise au point sont les suivantes :

1° Possibilité de traiter des rameaux et des objets plats ;

2° Grande surface pouvant être traitée d'une façon homogène : un disque de 28 cm de diamètre permettant de traiter 6 ou 7 boîtes de Pétri à la fois ;

3° Destruction de l'air pollué sortant de la tour en vue d'une utilisation pour les essais d'efficacité des préparations pathogènes ;

4° Nettoyage et désinfection faciles en remplissant la tour avec du formol en complète étanchéité ;

5° Becs pulvérisateurs et poudreurs d'une extrême simplicité réalisables facilement au laboratoire, et d'un emploi commode ;

6° Fidélité très satisfaisante constatée après de nombreuses mesures.

Reçu pour publication le 26 *mars* 1956.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) GRISON (P.) quelques aspects de la lutte microbiologique... *(ces Annales)*.

(2) GRISON (P.) et SILVESTRE de SACY (R.). — L'élevage de *Pieris brassicae* L. pour les essais de traitements microbiologiques. *(Ces Annales)*.

(3) HEWLETT (P. S.). — 1946. The design and performance of an atomizing nozzle for use with a spraying tower for testing liquid insecticides. (*Ann. Appl. Biol.*, **33**, 303).

(4) HEWLETT (P. S.). — 1947. A direct-spray technique for the biological evaluation of pyrethrum-in-oil insecticides for use against stored product insects in warehouse. (*Ann. Appl. Biol.*, **34**, 357).

(1) Le prix de revient de l'installation est très réduit. La tour étant construite d'après notre prototype par une maison d'usinage de plexiglas pour 36.000 francs : (la tour + 3 bouchons filetés).

(5) Ten Houten (J. G.) and Kraak (M.). — 1949. A vertical spraying apparatus for use in the laboratory evaluation of all types of liquid pest control materials. (*Ann. Appl. Biol.*, **36**, 394).
(6) Lemoigne (G.) et al. — 1956. Essais d'utilisation de *Bacillus thuringiensis* Berliner contre *Pieris brassicae* L. (*Entomophaga*. 1, 19-34).
(7) Loosjes (F. E.). — 1955. Laboratorium Stuifapparatuur (Planten-Ziektenkundige Dienst Wageningen, *Jaarboek* 1954-1955, 200-203).
(8) Potter (G.). — 1941. A laboratory spraying and technique for investigating the action of contact insecticides, with some notes on suitable test insects. (*Ann. Appl. Biol.*, **28**, 142).
(9) Tattersfield (F.). — 1934. An apparatus for testing contact insecticides. (*Ann. Appl. Biol.*, **21**, 691).
(10) Tattersfield (F.). — 1939. Biological methods of testing insecticides. A review. (*Ann. Appl. Biol.*, **26**, 365-384).

BIBLIOGRAPHIE

KELER (Stephan von). — Entomologisches Wörterbuch. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Wissenschaftliche Abhandlungen, nr 12, 679 p., 360 fig., 33 tableaux, Akademie Verlag, Berlin, 1955.

La multiplicité des termes techniques utilisés en entomologie rendait depuis longtemps nécessaire la publication d'un dictionnaire donnant leur définition exacte et détaillée, leur étymologie et leur synonymie dans diverses langues. Remercions un entomologiste expérimenté, Stefan von KELER, Conservateur au Musée zoologique de l'Université Humboldt de Berlin, d'avoir mené à bien un travail aussi long et aussi délicat. Éclairant le texte par de nombreuses figures et des tableaux très détaillés, il passe en revue les divers termes latins et allemands utilisés en Entomologie appliquée, en Systématique et en Morphologie.

P. J.

TABLES DES MATIÈRES DE L'ANNÉE 1956

I. — MÉMOIRES ORIGINAUX

Bernaux (P.). — Contribution à l'étude de la biologie des gymnosporangium 1
Bonnemaison (L.). — Possibilités d'emploi désinsecticides endothérapiques en vue de la protection des plantes contre les maladies à virus. 653
Bonnemaison (L.) et **Missonnier (J.).** — Le Psylle du Poirier (*Psylla pyri L.*). Morphologie et biologie. Méthodes de lutte 263
Bugerjon (A.). — Pulvérisation et poudrage au laboratoire par des préparations pathogènes insecticides 675
Busnel (R. G.), Busnel (M. C.) et **Dumortier (B.).** — Relations acoustiques interspécifiques chez les éphippigères (Orthoptères *Tettigoniidae*) 451
Chancogne (Mlle M.). et **Viel (G.).** — Méthodes d'évaluation des propriétés fongicides de substances diverses en vue de leur emploi agricole 641
Couturier (A.) et **Robert (P.).** — Observations sur *Melolontha hippocastani* F. 431
Feron (M.) et **Audemard (H.).** — Notes sur *Hydrellia griseola* (Dipt. Ephydridae). Mouche mineuse du riz en France 421
Grison (P.). — Quelques aspects de la lutte microbiologique contre les insectes ravageurs des cultures 543
Grison (P.) et **Silvestre de Sacy (R.).** — L'élevage de *Pieris brassicae L.* pour les essais de traitements microbiologiques 661
Grosclaude (C.). — Recherches sur le chancre du Pêcher causé par *Fusicoccum amygdali* **Delacroix** 397
Guillemat (J.) et **Montégut (J.).** — Contribution à l'étude de la microflore fongique des sols cultivés 471
Hurpin (B.). — Influence des conditions atmosphériques sur les sorties préalimentaires du Hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) 333
Missonnier (J.). — Note sur la biologie du Psylle de l'aubépine (*Psylla peregrina* **Foerster**) 253
Morvan (G.). — Le dépérissement de l'Abricotier. — I. Les différentes formes de dépérissement 211
Ponchet (J.). — Évolution de spécialisation du *Puccinia graminis Tritici eriks et Henn.* en France au cours de la période 1952-1954 229
Raucourt (M.), Viel (G.) et **Ventura (E.).** — La lutte chimique contre les chenilles défeuillantes du pommier à cidre 363

II. — BIBLIOGRAPHIE

Buchner (**P.**). — Endosymbiose des animaux avec microorganismes végétaux 541
Keler (**S. von**). — Entomologisches Wörterbuch (dictionnaire entomologique) .. : 685

Le Directeur-Gérant : B. LACLAVIÈRE.

Imprimerie Bussière à Saint-Amand (Cher), France. — 4-2-1957.

Dépôt légal: 1er trimestre 1957 *N° d'impression: 388*

7e Année. — N° 1. (Trimestriel) Janvier-Février-Mars 1956

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

ANNALES
DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
7, rue Keppler - Paris

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.
Directeur : R. BRACONNIER

Conseil Supérieur de la Recherche Agronomique

Président ..... M. le Ministre de l'Agriculture.
Vice-Président ..... M. le Professeur LEMOIGNE, membre de l'Institut.

Comité Permanent de la Recherche Agronomique

Président ..... M. le Professeur LEMOIGNE.
Membres ..... MM. les Professeurs BRESSOU, TERROINE, N...
Le Directeur de l'Institut National de la Recherche Agronomique.
L'Inspecteur général de la Recherche Agronomique.
Les Directeurs centraux de Recherches.

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : M. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche Agronomique.

Série A. — *Agronomie :* M. BOISCHOT, Directeur de la Station Centrale d'Agronomie générale.

Série B. — *Amélioration des plantes :* M. MAYER, Directeur de la Station Centrale de l'Amélioration des Plantes.

Série C. — *Epiphyties :* M. RAUCOURT, Directeur du Laboratoire de Phytopharmacie.
M. DARPOUX, Directeur de la Station Centrale de Pathologie végétale et
M. TROUVELOT, Directeur de la Station Centrale de Zoologie agricole.

Série D. — *Zootechnie :* M. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
M. A.-M. LEROY, Professeur à l'Institut National Agronomique.

Série E. — *Technologie agricole :* M. FLANZY, Directeur de la Station Centrale de Recherches sur l'Œnologie, la Cidrerie et les Jus de fruits.
M. MOCQUOT, Directeur de la Station Centrale de Microbiologie et de Recherches laitières.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :
7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1956

	FRANCE	ÉTRANGER	LE N°
SÉRIE A. — AGRONOMIE			
Abonnement annuel (6 livraisons)	3.500	4.100	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	400	450	—
SÉRIE B. — AMÉLIORATION DES PLANTES			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	400	450	—
SÉRIE C. — ÉPIPHYTIES			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	300	350	—
SÉRIE D — ZOOTECHNIE			
Abonnement annuel (4 livraisons)	1.100	1.300	325
SÉRIE E. — TECHNOLOGIE			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 30 fr. en timbres-poste.

Les abonnements sont reçus chez tous les libraires ainsi qu'au siège de l'Institut
7, rue Keppler (régie des publications, C.C.P., PARIS, 9064-43)

PRINCIPALES PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Vient de paraître :

L'acoustique des Orthoptères.

(Compte rendu du premier Symposium International, JOUY-en-JOSAS, 5-8 avril 1954) ..... **2.700 fr.**
(franco 2.800 fr.).

Pour paraître en 1956 :

La Physiologie de l'insecte, par RÉMY CHAUVIN. 2e édition entièrement revue et corrigée.

Les principales variétés de Pois cultivées en France, par R. FOURMONT.

Les principales variétés de Lin, par PLONKA, **et leurs maladies**, par ANSELME.

●

PRINCIPAUX OUVRAGES EN VENTE :

Les Blés tendres cultivés en France, par JONARD (Paris 1951) **1.600 fr.**

Monographie des principales variétés de Pêchers, par SOUTY et CAILLAVET (Bordeaux 1950) ..... **2.600 fr.**

La culture du Maïs Hybride en France ..... **550 fr.**

La lutte chimique contre les Hannetons et les Vers blancs.

Un ouvrage broché in-4° avec nombreuses illustrations .... **900 fr.**
(franco France et Étranger : 950 fr.).

Cet ouvrage est le deuxième de la collection des « Actualités agronomiques ».

Rapport annuel 1952.

Le rapport annuel est en distribution. Il sera envoyé moyennant la somme de **100** fr. pour frais d'expédition.

●

Les commandes d'ouvrages doivent être adressées au Régisseur des publications, 7, rue Keppler, Paris.

Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des publications, par virement postal à son compte courant : Paris 9064-43 ou par bons U.N.E.S.C.O.

TABLE DES MATIÈRES

BERNAUX (P). — Contribution à l'étude de la Biologie des Gymnosporangium..... 1

L. N. 609.105

7e Année. — N° 2. (Trimestriel) Avril-Mai-Juin 1956

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL

DE LA

RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

ANNALES

DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
7, rue Keppler – Paris

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.
Directeur : R. BRACONNIER

Conseil Supérieur de la Recherche Agronomique

Président ..... M. le Ministre de l'Agriculture.
Vice-Président ..... M. le Professeur LEMOIGNE, membre de l'Institut.

Comité Permanent de la Recherche Agronomique

Président ..... M. le Professeur LEMOIGNE.
Membres ..... MM. les Professeurs BRESSOU, TERROINE. N...
Le Directeur de l'Institut National de la Recherche Agronomique.
L'Inspecteur général de la Recherche Agronomique.
Les Directeurs centraux de Recherches.

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : M. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche Agronomique.

Série A. — *Agronomie :* M. BOISCHOT, Directeur de la Station Centrale d'Agronomie générale.

Série B. — *Amélioration des plantes :* M. MAYER, Directeur de la Station Centrale de l'Amélioration des Plantes.

Série C. — *Epiphyties :* M. RAUCOURT, Directeur du Laboratoire de Phytopharmacie.
M. DARPOUX, Directeur de la Station Centrale de Pathologie végétale et
M. TROUVELOT, Directeur de la Station Centrale de Zoologie agricole.

Série D. — *Zootechnie :* M. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
M. A.-M. LEROY, Professeur à l'Institut National Agronomique.

Série E. — *Technologie agricole :* M. FLANZY, Directeur de la Station Centrale de Recherches sur l'Œnologie, la Cidrerie et les Jus de fruits.
M. MOCQUOT, Directeur de la Station Centrale de Microbiologie et de Recherches laitières.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :
7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1956

	FRANCE	ÉTRANGER	LE N°
SÉRIE A. — AGRONOMIE			
Abonnement annuel (6 livraisons)	3.500	4.100	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	400	450	—
SÉRIE B. — AMÉLIORATION DES PLANTES			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	400	450	—
SÉRIE C. — ÉPIPHYTIES			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	300	350	—
SÉRIE D. — ZOOTECHNIE			
Abonnement annuel (4 livraisons)	1.100	1.300	325
SÉRIE E. — TECHNOLOGIE			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 30 fr. en timbres-poste.

Les abonnements sont reçus chez tous les libraires ainsi qu'au siège de l'Institut
7, rue Keppler (régie des publications, C.C.P., PARIS, 90,64-43)

PRINCIPALES PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Vient de paraître :

L'acoustique des Orthoptères.

(Compte rendu du premier Symposium international, JOUY-en-JOSAS, 5-8 avril 1954.) ..... 2.700 fr.
(franco 2.800 fr.).

Pour paraître en 1956 :

La Physiologie de l'insecte, par RÉMY CHAUVIN. 2e édition entièrement revue et corrigée.

Les principales variétés de Pois cultivées en France, par R. FOURMONT.

Les principales variétés de Lin, par PLONKA, et **leurs maladies**, par ANSELME.

●

PRINCIPAUX OUVRAGES EN VENTE :

Les Blés tendres cultivés en France, par JONARD (Paris 1951) 1.600 fr.

Monographie des principales variétés de Pêchers, par SOUTY et CAILLAVET (Bordeaux 1950) ..... 2.600 fr.

La Culture du Maïs Hybride en France ..... 550 fr.

La lutte chimique contre les Hannetons et les Vers blancs.

Un ouvrage broché in-4° avec nombreuses illustrations.. 900 fr.
(franco France et Étranger : 950 fr.)

Cet ouvrage est le deuxième de la collection des « Actualités agronomiques ».

Rapport annuel 1952.

Le rapport annuel est en distribution. Il sera envoyé moyennant la somme de 100 fr. pour frais d'expédition.

●

Les commandes d'ouvrages doivent être adressées au Régisseur des publications, 7, rue Keppler, Paris.

Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des publications, par virement postal à son compte courant : Paris 9064-43 ou par bons U. N. E. S. C. O.

TABLE DES MATIÈRES

MORVAN (G.). — Le dépérissement de l'Abricotier. — I. Les différentes formes de dépérissement 211

PONCHET (J.). — Évolution et spécialisation du *Puccinia Graminis Tritici eriks. et Henn.* en France au cours de la période 1952-1954 229

MISSONNIER (J.). — Note sur la biologie du Psylle de l'Aubépine. (*Psylla peregrina* FOERSTER) 253

BONNEMAISON (L.) et MISSONNIER (J.). — Le Psylle du Poirier (*Psylla pyri L.*). Morphologie et biologie. Méthodes de lutte 263

HURPIN (B.). — Influence des conditions atmosphériques sur les sorties préalimentaires du Hanneton commun (*Melolontha melolontha L.*) 333

X 609.134

7e Année. — N° 3. *(Trimestriel)* Juillet-Août-Septembre 1956

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

ANNALES
DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
7, rue Keppler – Paris

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.
Directeur : R. BRACONNIER

Conseil Supérieur de la Recherche Agronomique

Président..... M. le Ministre de l'Agriculture.
Vice-Président..... M. le Professeur LEMOIGNE, membre de l'Institut.

Comité Permanent de la Recherche Agronomique

Président..... M. le Professeur LEMOIGNE.
Membres..... MM. les Professeurs BRESSOU, TERROINE, LÉRITIER.
Le Directeur de l'Institut National de la Recherche Agronomique,
L'Inspecteur général de la Recherche Agronomique,
Les Directeurs centraux de Recherches.

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : M. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche Agronomique.

Série A. — *Agronomie* : M. BOISCHOT, Directeur de la Station centrale d'Agronomie.

Série B. — *Amélioration des plantes* : M. MAYER, Directeur de la Station centrale de Génétique et Amélioration des Plantes.

Série C. — *Epiphyties* : M. RAUCOURT, Directeur du Laboratoire de Phytopharmacie,
M. DARPOUX, Directeur de la Station centrale de Pathologie végétale et
M. TROUVELOT, Directeur de la Station centrale de Zoologie agricole.

Série D. — *Zootechnie* : MM. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche agronomique,
A.-M. LEROY, Professeur à l'Institut National Agronomique,

Série E. — *Technologie agricole* : M. FLANZY, Directeur de la Station centrale de Recherches sur l'Œnologie, la Cidrerie et les Jus de fruits.
M. MOCQUOT, Directeur de la Station centrale de Microbiologie et de Recherches laitières.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :
7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1956

	FRANCE	ÉTRANGER	LE N°
SÉRIE A. — AGRONOMIE			
Abonnement annuel (6 livraisons)	3.500	4.100	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	400	450	—
SÉRIE B. — AMÉLIORATION DES PLANTES			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	400	450	—
SÉRIE C. — ÉPIPHYTIES			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	300	350	—
SÉRIE D. — ZOOTECHNIE			
Abonnement annuel (4 livraisons)	1.100	1.300	325
SÉRIE E. — TECHNOLOGIE			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 30 fr. en timbres-poste.

Les abonnements sont reçus chez tous les libraires ainsi qu'au siège de l'Institut 7, rue Keppler (régie des publications, C.C.P. PARIS, 90,64-43).

PRINCIPALES PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Vient de paraître :

La Physiologie de l'insecte, par RÉMY CHAUVIN. 2e édition entièrement revue et corrigée ..... **3.000 fr.**

Les principales variétés de Pois cultivées en France, par R. FOURMONT ..... **1.600 fr.**

Les principales variétés de Lin, par PLONKA, **et leurs maladies,** par ANSELME ..... **1.600 fr.**

●

PRINCIPAUX OUVRAGES EN VENTE :

Les Blés tendres cultivés en France, par JONARD (Paris 1951) **1.600 fr.**

Monographie des principales variétés de Pêchers, par SOUTY et CAILLAVET (Bordeaux 1950)..... **2.600 fr.**

La culture du Maïs Hybride en France ..... **550 fr.**

La lutte chimique contre les Hannetons et les Vers blancs.

Un ouvrage broché in-4° avec nombreuses illustrations .... **900 fr.**
(franco France et Étranger : 950 fr.).

Cet ouvrage est le deuxième de la collection des « Actualités agronomiques ».

L'acoustique des Orthoptères.

(Compte rendu du premier Symposium international, JOUY-en-JOSAS, 5-8 avril 1954) ..... **2.700 fr.**
(franco 2.800 fr.).

Rapport annuel 1952.

Le rapport annuel est en distribution. Il sera envoyé moyennant la somme de **100** fr. pour frais d'expédition.

●

Les commandes d'ouvrages doivent être adressées au Régisseur des publications, 7, rue Keppler, Paris.

Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des publications, par virement postal, à son compte courant : Paris 9064-43 ou par bons U.N.E.S.C.O.

TABLE DES MATIÈRES

RAUCOURT (M.), VIEL (G.) et VENTURA (E.). — La lutte chimique contre les chenilles défeuillantes du pommier à cidre..... 363

GROSCLAUDE (C.). — Recherches sur le chancre du Pêcher causé par *Fusicoccum amygdali* DELACROIX 397

FÉRON (M.) et AUDEMARD (H.). — Notes sur *Hydrellia griseola* (Dipt. Ephydridae) Mouche mineuse du riz en France..... 421

COUTURIER (A.) et ROBERT (P.). — Observations sur *Melolontha hippocastani* F..... 431

BUSNEL (R. G.), BUSNEL (M. C.) et DUMORTIER (B.). — Relations acoustiques interspécifiques chez les éphippigères (Orthoptères *Tettigoniidae*) 451

GUILLEMAT (J.) et MONTEGUT (J.). — Contribution à l'étude de la microflore fongique des sols cultivés 471

DOCUMENTATION 541

X 609.188

7e Année. — N° 4. (Trimestriel) Octobre-Novembre-Décembre 1958

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ANNALES DE L'INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

SÉRIE C

ANNALES
DES ÉPIPHYTIES

PATHOLOGIE VÉGÉTALE - ZOOLOGIE AGRICOLE
PHYTOPHARMACIE

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
7, rue Keppler – Paris

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.
Directeur : R. BRACONNIER

Conseil Supérieur de la Recherche Agronomique

Président..... M. le Ministre de l'Agriculture.
Vice-Président..... M. le Professeur LEMOIGNE, membre de l'Institut.

Comité Permanent de la Recherche Agronomique

Président..... M. le Professeur LEMOIGNE.
Membres..... MM. les Professeurs BRESSOU, TERROINE, L'HÉRITIER.
Le Directeur de l'Institut National de la Recherche Agronomique,
L'Inspecteur général de la Recherche Agronomique,
Les Directeurs centraux de Recherches.

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : M. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche Agronomique.

Série A. — *Agronomie :* M. BOISCHOT, Directeur de la Station centrale d'Agronomie.

Série B. — *Amélioration des plantes :* M. MAYER, Directeur de la Station centrale de Génétique et Amélioration des Plantes.

Série C. — *Epiphyties :* M. DARPOUX, Directeur de la Station centrale de Pathologie végétale,
M. TROUVELOT, Directeur de la Station centrale de Zoologie agricole et
M. VIEL, Directeur du Laboratoire de Phytopharmacie.

Série D. — *Zootechnie :* MM. BUSTARRET, Inspecteur général de la Recherche agronomique,
A.-M. LEROY, Professeur à l'Institut National Agronomique,

Série E. — *Technologie agricole :* M. FLANZY, Directeur de la Station centrale de Recherches sur l'Œnologie, la Cidrerie et les Jus de fruits,
M. MOCQUOT, Directeur de la Station centrale de Microbiologie et de Recherches laitières.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :
7, rue Keppler, PARIS. Tél. : Kléber 23-04, 23-20, 23-21.

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1957

	FRANCE	ÉTRANGER	LE N°
SÉRIE A. — AGRONOMIE			
Abonnement annuel (8 livraisons)	4.700	5.100	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	400	450	—
SÉRIE B. — AMÉLIORATION DES PLANTES			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	400	450	—
SÉRIE C. — ÉPIPHYTIES			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650
Abonnement annuel à la partie DOCUMENTATION, servi sous forme de tirés à part	300	350	—
SÉRIE D. — ZOOTECHNIE			
Abonnement annuel (4 livraisons)	1.100	1.300	325
SÉRIE E. — TECHNOLOGIE			
Abonnement annuel (4 livraisons)	2.300	2.700	650

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 30 fr. en timbres-poste.

Les abonnements sont reçus chez tous les libraires ainsi qu'au siège de l'Institut
7, rue Keppler (régie des publications, C.C.P. PARIS, 90,64-43).

PRINCIPALES PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Vient de paraître :

La Physiologie de l'insecte, par RÉMY CHAUVIN. 2e édition entièrement revue et corrigée ..... **3.500 fr.**

Les principales variétés de Pois cultivées en France, par R. FOURMONT ..... **1.600 fr.**

Les principales variétés de Lin, par PLONKA, **et leurs maladies**, par ANSELME ..... **1.600 fr.**

●

PRINCIPAUX OUVRAGES EN VENTE :

Les Blés tendres cultivés en France, par JONARD (Paris 1951) **1.600 fr.**

Monographie des principales variétés de Pêchers, par SOUTY et CAILLAVET (Bordeaux 1950)..... **2.600 fr.**

La culture du Maïs Hybride en France ..... **550 fr.**

La lutte chimique contre les Hannetons et les Vers blancs.

Un ouvrage broché in-4° avec nombreuses illustrations .... **900 fr.**
(franco France et Étranger : 950 fr.).

Cet ouvrage est le deuxième de la collection des « Actualités agronomiques ».

L'acoustique des Orthoptères.

(Compte rendu du premier Sympostum International, JOUY-en-JOSAS, 5-8 avril 1954)..... **2.700 fr.**
(franco 2.800 fr.).

Rapport annuel 1952.

Le rapport annuel est en distribution. Il sera envoyé moyennant la somme de **100 fr.** pour frais d'expédition.

●

Les commandes d'ouvrages doivent être adressées au Régisseur des publications, 7, rue Keppler, Paris.

Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des publications, par virement postal, à son compte courant : Paris 9064-43 ou par bons U.N.E.S.C.O.

TABLE DES MATIÈRES

GRISON (P.). — Quelques aspects de la lutte microbiologique contre les insectes ravageurs des cultures 543

BONNEMAISON (L.). — Possibilités d'emploi des insecticides endothérapiques en vue de la protection des plantes contre les maladies à virus 563

CHANCOGNE (Mlle M.) et VIEL (G.). — Méthodes d'évaluation des propriétés fongicides de substances diverses en vue de leur emploi agricole 641

GRISON (P.). et SILVESTRE de SACY (R.). — L'élevage de *Pieris brassicae* L.. pour les essais de traitements microbiologiques .. 661

BURGERJON (A.). — Pulvérisation et poudrage au laboratoire par des préparations pathogènes insecticides 676

BIBLIOGRAPHIE 685

TABLE DES MATIÈRES 687

X 609.223